Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros

ALEXANDER TURRA & MARCIA REGINA DENADAI
(organizadores)

Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros

Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros

Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros

Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros

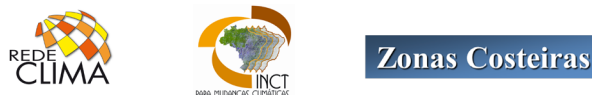
Alexander Turra & Marcia Regina Denadai

(organizadores)

Coordenação Geral:

Coordenação de Grupo de Trabalho:

Fomento:

Vínculo:

São Paulo
IOUSP
2015

Apoio Institucional
Instituto Oceanográfico - IOUSP

Organizadores
Alexander Turra
Marcia Regina Denadai

Imagens da Capa
Goniopsis cruentata (Aratu Vermelho): Marcelo A. A. Pinheiro
Zonação em Costão Rochoso: Leandro I. Coelho
Esquemas Metodológicos: Zelinda M. A. N. Leão, Tatiana M. Steiner e Sarah C. Sarubo

Revisão
Beatriz Rosa Pereira
Matheus Valim
Sophia Izaias

Projeto Gráfico e Capa
Beatriz Nogueira Camargo

Diagramação
Beatriz Nogueira Camargo
Isabella Schempp
Jean Ricardo Freitas

Ficha Catalográfica
Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo
Biblioteca Prof. Dr. Gelso Vazzoler

P967

Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - ReBentos / organizadores: Alexander Turra e Márcia Regina Denadai – São Paulo-SP: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015.

258p.: il.

ISBN (e-book): 978-85-98729-25-1

1. Biodiversidade. 2. Bentos. 3. Costa. 4. Mudanças Climáticas. 5. Protocolos de campo. 6.Estuários. 7. Praias. 8. Costões. 9. Recifes coralinos. 10. Manguezais e Marismas. 11. Bancos de Rodolitos. 12. Fundos Submersos Vegetados.

CDD 577

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-98729-25-1
9 788598 729251

Sumário

Prefácio

Constituindo um dos maiores, se não o maior desafio já enfrentado pela humanidade como um todo e, ao mesmo tempo, originadas do próprio modo de consumo humano, as mudanças climáticas globais fizeram crescer o desejo e a ação para a cooperação em amplo senso. Nas ciências, o reconhecimento dessas mudanças tem levado ao aumento de projetos de pesquisa interdisciplinares, intra e transnacionais, desafiando os limites impostos pelas barreiras departamentais do conhecimento. No Brasil, tal tendência se materializou com a criação das redes de pesquisa em mudanças climáticas, entre as quais, a Rede Brasileira de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) e o Instituto Nacional de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (INCT-MC), ambos vinculados ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Estas redes, juntamente com as redes estaduais de pesquisa em mudanças climáticas, representam um novo paradigma do avanço do conhecimento científico e a utilização deste pela sociedade, tanto para a ordenação do uso e ocupação do solo em áreas rurais e urbanas, e a sistematização de metodologias de coleta e intercâmbio de dados, quanto para a geração de cenários de mudanças climáticas para o Brasil.

O presente livro, fruto do trabalho de pesquisa da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros, a ReBentos, vinculada à Sub-Rede Zonas Costeiras da Rede CLIMA e ao INCT-MC, é uma demonstração cabal da eficácia do trabalho de pesquisa em rede para o ordenamento dos protocolos de coleta e sistematização de bases de dados no monitoramento permanente dos habitats marinhos ao longo da costa brasileira. Ainda que sejam previstos para o futuro, os frutos deste trabalho permitirão um intercâmbio científico nacional e internacional vigoroso em áreas afins e, principalmente, naquelas que hoje carecem de uma base observacional estruturada dos ecossistemas marinhos para a formulação de parâmetros bióticos na modelagem físico-biogeoquímica do sistema terrestre.

Meus cumprimentos a todos os colaboradores e organizadores deste trabalho. Espero que ele seja amplamente utilizado por seus muitos leitores.

Paulo Nobre
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Coordenador da Rede CLIMA

Capítulo 1

A REDE DE MONITORAMENTO DE HABITATS BENTÔNICOS COSTEIROS (REBENTOS)

Alexander Turra, Márcia Regina Denadai

Esquema: Marcia R. Denadai

Contextualização

O planeta está mudando. Na verdade, ele sempre mudou. A diferença é que nos últimos anos as mudanças no clima têm ocorrido em uma velocidade muito alta. As ações humanas estão no centro dessa discussão, pois além de serem uma das principais causas dessas alterações, também contribuem para que os sistemas ecológicos tenham menor capacidade de lidar com esses novos cenários e de se adaptarem a eles. Como consequência, tem sido previsto um futuro para o planeta em que, além da biodiversidade, a humanidade como um todo sentirá os efeitos de seu modo de vida pouco sustentável. Dentre os efeitos previstos está o comprometimento de serviços ecossistêmicos que são a base da vida e da economia em diferentes partes do globo.

Os oceanos cobrem boa parte da superfície da Terra e têm grande importância para as atividades humanas. Os serviços derivados de seus processos ecológicos geram inúmeros benefícios. A fotossíntese realizada pelos produtores primários, como algas e vegetais marinhos, transforma a luz do sol em biomassa que, ao ser parte de uma cadeia alimentar, acaba servindo de alimento para a sociedade. Mais do que alimento, cerca da metade do oxigênio presente na atmosfera provém desse processo. Um dos benefícios está

relacionado à regulação climática, tanto pela retirada de gases estufa, como o CO_2, da atmosfera, quanto pela ação mais direta na modulação da pluviosidade e da umidade do ar, fundamentais para a agricultura.

Portanto, as mudanças climáticas globais são causadas e sentidas pelos oceanos. As alterações dos processos oceanográficos e o consequente comprometimento de serviços e benefícios para a sociedade estão dentre os pontos mais críticos das discussões internacionais. A biodiversidade marinha, entendida não apenas como as espécies que a compõem, mas também pelas relações entre elas e pelos papéis ecológicos exibidos, é um elemento central nessa conjuntura. Assim, entender os efeitos das mudanças climáticas globais na biodiversidade marinha é chave para compreender as consequências para a sociedade e definir medidas de adaptação capazes de garantir a qualidade de vida da humanidade.

As respostas da biodiversidade às mudanças climáticas em ecossistemas marinhos têm sido entendidas como variadas, porém mais evidentes em regiões costeiras, em função da ação sinérgica dos impactos antrópicos locais. Os efeitos das mudanças climáticas somam-se às diversas outras pressões que esses ambientes já sofrem, como poluição orgânica e química, sobrepesca e perda ou fragmentação de habitats. Os habitats costeiros podem ser afetados pelas mudanças climáticas como a elevação do nível do mar; efeitos que podem ser agravados pela ocupação humana, modificações e impactos na linha de costa e interação com os ecossistemas naturais adjacentes que podem ser terrestres ou de água doce.

No Brasil, as pesquisas sobre a estrutura e funcionamento das populações e comunidades em ecossistemas costeiros vêm sendo direcionadas cada vez mais para a avaliação dos impactos antrópicos e das mudanças climáticas. Desta maneira, diferentes protocolos de coleta em campo foram idealizados e aplicados por diferentes grupos de pesquisa, de forma independente, em suas regiões de estudo. Embora possa responder bem questões específicas e localizadas, a falta de uma visão em escala geográfica mais ampla dificulta comparações e a possibilidade de integração dos dados, impossibilitando avaliações mais abrangentes sobre a qualidade ambiental, assim como a detecção de modificações, independentemente de suas causas.

A ausência de séries temporais de longa duração sobre biodiversidade tem feito com que a costa brasileira permaneça fora das avaliações globais sobre as consequências de modificações antrópicas e climáticas sobre ecossistemas costeiros. Nesse aspecto é imperativo a integração de pesquisadores e instituições de forma a promover a consolidação do conhecimento existente e a implementação de uma rede observacional contínua e permanente, com protocolos de coleta padronizados e replicáveis em diferentes regiões do país.

A ReBentos

A Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos, vinculada à Sub-Rede Zonas Costeiras da Rede Clima (MCT) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC), pretende estruturar as bases científicas para detecção dos efeitos das mudanças ambientais regionais e globais sobre habitats bentônicos, dando início a uma série histórica de levantamento de dados sobre a biodiversidade marinha ao longo da costa brasileira. A ReBentos conta com um número crescente de pesquisadores, estudiosos dos organismos bentônicos costeiros, ligados a diversas instituições de ensino e pesquisa, localizadas nos 17 estados costeiros brasileiros, além de pesquisadores de instituições internacionais.

A ReBentos, desde sua concepção, busca desenvolver estratégias para viabilizar o monitoramento contínuo e permanente de parâmetros bióticos e abióticos de regiões intermareais e do infralitoral raso, abrangendo seus mais diversos habitats em toda a costa brasileira. A obtenção de séries de dados contínuas no tempo e distribuídas no espaço, por tipo de habitat e através de um gradiente latitudinal, configura-se como modelo para investigar questões científicas relacionadas às alterações causadas por impactos antropogênicos e modificações climáticas.

Dentro dessa perspectiva, a ReBentos propôs-se a definir uma metodologia de trabalho padronizada, adequada aos objetivos da rede, de baixo custo e de fácil aplicação para a amostragem da biodiversidade e de diferentes fatores abióticos e antropogênicos. Protocolos de campo foram elaborados pelos Grupos de Trabalho (GTs: Bancos de Rodolitos, Costões Rochosos, Estuários, Fundos Submersos Vegetados, Manguezais e Marismas, Praias e Recifes Coralinos), os quais compõem este volume. Espera-se que esses protocolos sejam disseminados e utilizados, de forma contínua e por longo prazo, pelos grupos de pesquisa distribuídos em instituições de ensino e pesquisa de toda a costa brasileira. Um outro GT, o Educação Ambiental, de caráter transversal, é responsável por idealizar, disseminar e avaliar projetos educativos relacionados às mudanças climáticas, para estabelecer ações conjuntas a serem desempenhadas por grupos distintos na costa brasileira.

A partir do monitoramento contínuo será produzido um inventário para ampliar o conhecimento sobre a biodiversidade marinha da costa brasileira, abrangendo a fauna e a flora de praticamente todos os ambientes bentônicos costeiros. A produção de dados contínuos em campo, por sua vez, indicará um panorama de eventuais mudanças na biota, as quais poderão ser atribuídas aos eventos naturais e/ou antropogênicos, dentro de um contexto de mudanças climáticas globais. Tais produtos subsidiarão propostas de políticas públicas e estratégias para a conservação da biodiversidade marinha.

O trabalho em rede, como a ReBentos, proporciona algumas ações de articulação, fortalecimento e formação de recursos humanos. Uma dessas ações é a ampliação da competência nacional para estudos em biodiversidade bêntica marinha, inclusive de regiões com reduzida atividade de pesquisa, favorecendo a integração e a troca de informações para a produção de estudos de interesse global. Também incentiva a ampliação da inserção da ciência brasileira no cenário das iniciativas globais, possibilitando a criação de mapas de vulnerabilidade à elevação do nível do mar, prioritários para as atividades de pesquisa sobre os impactos de mudanças climáticas em zonas costeiras. Outra iniciativa é a consolidação da infraestrutura de pesquisa, com o fortalecimento da temática "mudanças climáticas globais", em instituições que já possuem tradição em estudos voltados para questões ecológicas locais e/ou regionais.

A ReBentos também proporciona a formação de recursos humanos para uma nova geração de cientistas, educadores e técnicos especializados no tema "mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os ecossistemas costeiros", inclusive no âmbito de pós-graduação, fortalecendo os programas de áreas relacionadas à biodiversidade.

A ReBentos pretende ainda consolidar um banco de dados de livre acesso, que será disponibilizado na sua *homepage* na internet (http://www.rebentos.org). Esses dados possibilitarão análises complexas sobre as mudanças observadas em curto ou longo prazo, permitindo um aprofundamento sobre os efeitos das mudanças climáticas e a discussão de propostas de ações mitigatórias ou de adaptação.

Histórico da ReBentos

A Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) foi instituída pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em 2007 (Portaria nº 728, de 20 novembro de 2007; alterada pela Portaria nº 262 de 2 de maio de 2011), tendo como missão gerar e disseminar conhecimentos para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais.

A Rede CLIMA constitui-se em pilar fundamental de apoio às atividades de Pesquisa e Desenvolvimento do Plano Nacional de Mudanças Climáticas criado pelo governo federal, que tem balizado a identificação dos obstáculos e dos catalisadores de ações. Nesse sentido, a Rede enseja o estabelecimento e a consolidação da comunidade científica e tecnológica preparada para atender plenamente as necessidades nacionais de conhecimento, incluindo a produção de informações para formulação e acompanhamento das políticas públicas sobre mudanças climáticas e para apoio à diplomacia brasileira nas negociações so-

bre o regime internacional de mudanças climáticas. A Rede CLIMA está institucionalizada no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e está estruturada em 13 sub-redes, dentre as quais está a Sub-rede Zonas Costeiras.

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC), criado em 2008 pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, é uma rede de pesquisa interdisciplinar em mudanças climáticas com 65 grupos de pesquisa nacionais e 17 internacionais, envolvendo mais de 400 pesquisadores, estudantes e técnicos. Constitui-se em uma das maiores redes de pesquisas ambientais já desenvolvida no Brasil.

O INCT para Mudanças Climáticas tem por missão o desenvolvimento de uma agenda científica que irá fornecer ao país condições ideais para desenvolver excelência científica nas várias áreas das mudanças ambientais globais e sobre suas implicações para o desenvolvimento sustentável, principalmente quando se leva em consideração que a economia de nações em desenvolvimento está fortemente ligada aos recursos naturais renováveis, como é marcantemente o caso do Brasil. Como visão, o INCT-MC pretende produzir informação científica de alta qualidade para direcionar a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas futuras relevantes para o Brasil.

Dentre os 26 subprojetos dessa rede também está a Sub-rede Zonas Costeiras. Dentre os 13 grupos que compõem essa sub-rede, quatro são ligados ao ambiente bentônico costeiro (Macroalgas e Fanerógamas Marinhas, Recifes Coralinos, Costões e Praias e Manguezais).

O início das articulações para a constituição da Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros – ReBentos, teve início durante o *I Workshop Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras – Estado do Conhecimento e Recomendações*, realizado em setembro de 2009, na Universidade Federal do Rio Grande, em Rio Grande do Sul, como uma ação da Sub-rede Zonas Costeiras do INCT-MC

Por ocasião das discussões realizadas durante esse evento, foram feitas algumas recomendações para os ambientes bentônicos no documento *Declaração de Rio Grande*:

- Avaliações sobre a variabilidade da distribuição e abundância de espécies-chave estenotérmicas ou ao longo da costa (macroecologia) considerando diferentes escalas de variação e, se possível, eliminação de fontes de ruído utilizando áreas de controle;
- Estudos sobre a variabilidade da distribuição e abundância de espécies indicadoras, sensíveis às mudanças em parâmetros ambientais, através de uma abordagem padronizada ao longo da costa;
- Utilização de técnicas ou estratégias de obtenção de dados (imagens, suficiência taxonômica, análise de fisionomias, RAP etc.) que amplifiquem a capacidade geográfica de análise;
- Avaliação do estado fisiológico de organismos construtores de recifes como algas calcárias e corais;
- Identificação e registro de mudanças nos *timings* de florescimento, maturação, liberação de gametas, recrutamento, germinação e outros parâmetros populacionais;
- Avaliação de perdas ou mudanças de produtividade e função durante fases de transição ou colapso dos sistemas naturais;
- Identificação e quantificação dos impactos dos eventos extremos na abundância e fisiologia de espécies, comunidades e ecossistemas: comparação de parâmetros medidos antes e depois dos eventos.

Como desdobramentos, surgiu a necessidade de formação ou fortalecimento de redes observacionais para a costa brasileira, para monitoramento de parâmetros físicos e biológicos, com a coordenação e participação de membros da Sub-rede Zonas Costeiras.

Uma proposta para o financiamento dessas redes foi elaborada para o orçamento 2010/2011 da Rede CLIMA e submetida ao MCT&I. Dentre elas estava a Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros (ReBentos). No entanto, houve espaço orçamentário para viabilização dos recursos necessários.

Nova oportunidade surgiu com o lançamento, em outubro/2010, do *Edital MCT/CNPq/MMA/MEC/CAPES/FNDCT – Ação Transversal/FAPs nº 47/2010 - Chamada 3 - Pesquisa em Redes Temáticas para o entendimento e previsão de respostas da biodiversidade brasileira às mudanças climáticas e aos usos da terra*. Esse edital estava ligado ao Programa SISBIOTA–Brasil, que tinha por objetivo fomentar a pesquisa científica para ampliar o conhecimento e o entendimento sobre a biodiversidade brasileira e para melhorar a capacidade preditiva de respostas às mudanças globais, particularmente às mudanças de uso e cobertura da terra e mudanças climáticas, associando formação de recursos humanos, educação ambiental e divulgação do conhecimento científico.

Foi apresentada uma proposta da ReBentos, que nesse momento já contava com a participação de 31 pesquisadores de 17 instituições de ensino e pesquisa, localizadas em 11 estados brasileiros. O objetivo da proposta foi a criação e implementação de uma rede integrada de estudos dos habitats bentônicos do litoral brasileiro (ReBentos), vinculada à Sub-rede Zonas Costeiras da Rede CLIMA (MCT) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-MC), para detectar os efeitos das mudanças ambientais regionais e globais sobre esses organismos, dando início a uma série histórica de dados sobre a biodiversidade bentônica ao longo da costa brasileira.

A estrutura inicial do projeto contava com uma coordenação geral e quatro grupos de trabalho: Praias Arenosas, Manguezais e Marismas, Fundos não consolidados Vegetados e Recifes Coralinos e Rochosos. Dentre os resultados esperados estavam: (1) o monitoramento contínuo e permanente de parâmetros bióticos e abióticos em diversos habitats ao longo da costa brasileira e (2) a obtenção de séries contínuas de dados no tempo e distribuídas no espaço, por tipo de habitat e através de um gradiente latitudinal, permitindo assim investigar questões científicas relacionadas a alterações causadas por impactos antropogênicos e modificações climáticas.

As metas eram:

(a) Fomentar uma discussão temática voltada para as mudanças climáticas;

(b) Estabelecer séries temporais com métodos adequados;

(c) Levantar e disponibilizar dados para avaliação do impacto de mudanças globais;

(d) Formar recursos humanos;

(e) Promover a educação ambiental e divulgação científica.

A proposta foi aprovada com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), além do apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para bolsas de pós-graduação.

Após quatro anos de projeto foram realizadas diversas ações de articulação e mobilização da comunidade científica, sendo reuniões de coordenação, *workshops* da ReBentos como um todo e, individualmente, *workshops* dos Grupos de Trabalho. Logo no início das discussões percebeu-se a necessidade de redistribuição dos grupos de trabalho, de forma que quatro novos foram criados, ficando a atual estrutura organizada em oito GTs: (1) Bancos de Rodolitos, (2) Costões, (3) Estuários, (4) Fundos Submersos Vegetados, (5) Manguezais e Marismas, (6) Praias, (7) Recifes Coralinos e (8) Educação Ambiental.

Avanços da ReBentos

A ReBentos tem alcançado com êxito as metas propostas. Com o objetivo de fomentar uma discussão temática voltada para as mudanças climáticas, promoveu a articulação da comunidade científica através da realização de *workshops* de nivelamento, capacitação e discussões, e pelo levantamento de estudos prévios sobre a biodiversidade nos diferentes habitats tratados. Promoveu também uma ampla discussão no meio científico, que culminou na proposição de protocolos de coleta de dados para o estabelecimento de séries temporais com métodos adequados para avaliação do impacto das mudanças climáticas globais, aqui apresentados. Possibilitou ainda a formação de recursos humanos dedicados à temática das Mudanças Climáticas, tema ainda pouco desenvolvido nos cursos de pós-graduação brasileiros em ciências do mar.

As atividades de divulgação e educação ambiental são entendidas como um conjunto de ações para atingir de modo adequado e interdisciplinar o seu público-alvo, que pode ser entendido em três escalas. Na primeira, tem-se o meio acadêmico para o qual (1) um número especial da *Brazilian Journal of Oceanography* (periódico editado pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo) está sendo organizado para reunir uma série de publicações-síntese do estado da pesquisa sobre organismos bentônicos nos diferentes ecossistemas considerados pela ReBentos na costa brasileira, e de que forma esse conhecimento se relaciona ao tema das Mudanças Climáticas; (2) as definições metodológicas para o monitoramento de longo prazo do bentos costeiros (protocolos apresentados neste volume), além de (3) diversas publicações científicas (artigos em periódicos nacionais e internacionais, relatórios técnicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, comunicações e resumos em eventos). Na segunda escala, tem-se os futuros usuários dessas informações, que correspondem a órgãos públicos ambientais e de planejamento, para os quais produtos específicos estão sendo criados e disponibilizados na página da ReBentos na internet. Na terceira escala, o público em geral, que está sendo contemplado pelas ações educativas idealizadas e realizadas.

As atividades de Educação Ambiental visam levar à reflexão sobre a problemática das mudanças climáticas globais sobre os ecossistemas marinhos e costeiros e com isso possibilitar e incentivar mudanças de atitude e valor em relação a esses ambientes e sua biodiversidade. As discussões desse grupo promovem a integração dos demais GTs da ReBentos para uma construção coletiva dos conteúdos e objetivos dessas ações educacionais, em consonância com os preceitos político-pedagógicos vigentes. Essas bases se direcionam a projetos educativos de caráter holístico, que visam à transformação e evolução de valores de indivíduos e da sociedade em um contexto participativo, abrangente e transdisciplinar, aplicados de forma continuada e com vistas à sua multiplicação.

Em pesquisa, além das atividades inerentes ao trabalho de levantamento de dados pelos GTs, inúmeros projetos individuais de pesquisa foram vinculados por seus coordenadores à ReBentos. Isso demonstra a capacidade da ReBentos em congregar iniciativas já existentes, bem como dar suporte às novas atividades. Recursos adicionais foram obtidos para tais projetos pelos seus coordenadores e são provenientes de diversas fontes, como agências de fomento, recursos universitários, fundações, convênios com a iniciativa privada e instituições internacionais.

Dentro do panorama atual da ReBentos, com grande número de pesquisadores e instituições envolvidos, algumas dificuldades inerentes ao trabalho em um grupo grande e heterogêneo podem ser mencionadas: (1) assimetria de estrutura entre diferentes grupos de trabalho; (2) falta de integração e sinergia entre pesquisadores trabalhando à distância; (3) complexidade na definição de protocolos de trabalho únicos e aplicáveis à toda a costa brasileira; (4) morosidade na assimilação da problemática das Mudanças Climáticas nas linhas de pesquisa dos estudiosos envolvidos; (5) busca pela sustentabilidade financeira; (6) não compartilhamento de responsabilidades; (7) pouca integração com pesquisadores de outras áreas da oceanografia.

Apesar das dificuldades encontradas, as quais têm sido equacionadas na medida do possível, a ReBentos apresenta potencialidades que somente uma rede integrada de pesquisadores, disseminados por toda a costa brasileira, poderia ter: (1) abordagem de adaptação às Mudanças Climáticas por meio do monitoramento e da avaliação das mudanças na biodiversidade bentônica; (2) processo de aprendizado e amadurecimento dos pesquisadores para assimilar a problemática das Mudanças Climáticas em suas linhas de pesquisa; (3) aplicação dos protocolos de monitoramento também à espécies exóticas; (4) integração com as Unidades de Conservação para o monitoramento ambiental; (5) contribuição com os Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação brasileiros; (6) formação de recursos humanos dedicados à questão das Mudanças Climáticas; (7) conscientização e sensibilização da sociedade e dos tomadores de decisão sobre a importância da biodiversidade marinha, dos serviços ecossistêmicos e do impacto das Mudanças Climáticas no bem estar humano; (8) integração entre diferentes áreas das ciências do mar.

O Futuro da ReBentos

Atividades de Campo

Os protocolos de campo dos Grupos de Trabalho da ReBentos (Bancos de Rodolitos, Costões Rochosos, Estuários, Fundos Submersos Vegetados, Manguezais e Marismas, Praias Arenosas e Recifes Coralinos), apresentados neste volume, já foram testados e vêm sendo utilizados pelos grupos de trabalho.

No entanto, alguns grupos que possuem acesso deficitário aos recursos financeiros e, muitas vezes, com apoio institucional insuficiente para darem início aos seus projetos, têm tido dificuldade em colocar os protocolos de monitoramento em prática. Por esse motivo, a vinculação à ReBentos, uma rede com atuação e visibilidade nacional, poderá ajudar esses grupos a obterem recursos através de editais específicos para a pesquisa em biodiversidade marinha e também através da iniciativa privada. Ações de comunicação e divulgação científica poderão alavancar incentivos à pesquisa sobre os efeitos das Mudanças Climáticas na biodiversidade bentônica marinha, proporcionando um vasto aumento nas atividades de monitoramento da ReBentos ao longo da costa brasileira.

A criação de "Sítios Modelo de Monitoramento Integrado" em Unidades de Conservação (UCs) é uma prioridade da ReBentos e proporcionará o trabalho concomitante de diversos GTs em uma mesma localidade, otimizando o uso de recursos (materiais, custeio e equipe) pelas equipes do entorno. A parceria com UCs é estratégica, uma vez que muitas possuem sedes que podem hospedar as equipes de trabalho e disponibilizar suas instalações aos trabalhos de laboratório, além da garantia de trabalho em área livre de (ou menos influenciada por) impactos não relacionados às Mudanças Climáticas.

A ReBentos ainda presta o apoio para a obtenção de licenças de coleta em UCs, obtenção de verbas para projetos, dentre outras necessidades e demandas, de forma a instrumentalizar a comunidade científica a buscar recursos adicionais para realização das pesquisas.

Banco de Dados

Os dados de campo levantados pelo projeto, tanto bióticos como abióticos, estão sendo inseridos em bancos de dados nacionais (Sistema de Informações sobre a Biodiversidade Brasileira-SiBBr-CNPq e SinBiota/FAPESP – SP http://sinbiota.biota.org.br/). Esses dados também estão sendo disponibilizados publicamente na *homepage* da ReBentos (http://rebentos.org/index.php).

Publicações

Um grande número de produções vinculadas à ReBentos vem sendo desenvolvido. Essas publicações são, muitas vezes, resultados de projetos individuais vinculados à ReBentos, relativos principalmente a projetos de pesquisa de alunos de pós-graduação ou iniciação científica. Com a continuidade, finalização

e início de novos projetos, é de se esperar que muitas publicações científicas focadas na temática dos efeitos das Mudanças Climáticas sobre os habitats bentônicos costeiros, advindas da ReBentos, sejam produzidas nos próximos anos.

Futuramente, o conjunto de dados inserido nos bancos de dados resultará em publicações integradoras, com grande amplitude temporal e espacial, que relatarão possíveis mudanças nos padrões de diversidade, distribuição e abundância da biodiversidade. A associação dessas variáveis bióticas às variáveis abióticas consideradas pelos protocolos de campo dará a dimensão sobre se, e quanto, os impactos das Mudanças Climáticas estão interferindo na dinâmica das comunidades e populações estudadas. Essas publicações, sendo baseadas em um banco de dados público e geradas pelos pesquisadores vinculados de forma colaborativa e integrada, permitirão um avanço na forma como o conhecimento científico é gerado.

Protocolos de Trabalho de Campo

A elaboração de protocolos de trabalho de campo foi, desde o início da constituição da ReBentos, uma de suas prioridades. A partir desse produto, todos os pesquisadores vinculados, ou não, à ReBentos, poderão desenvolver, de forma padronizada e comparativa, pesquisas com diferentes habitats bentônicos nas diferentes regiões da costa brasileira.

Esse processo iniciou-se com discussões dos GTs durante o I *Workshop* da ReBentos, realizado nos dias 28 e 29 de julho de 2011, durante o IX Bioinc (Encontro de Bioincrustação, Ecologia Bêntica e Biocorrosão), no Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), em Arraial do Cabo – RJ. A continuidade das discussões ocorreu durante o II *Workshop* da ReBentos, realizado nos dias 7 a 9 de novembro de 2011, junto ao II *Workshop* Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, em Salvador – BA. Após esses primeiros encontros, diversos *workshops* com os Grupos de Trabalho aconteceram para que os métodos apresentados nesta publicação fossem discutidos e definidos.

- *Workshops* do GTs Recifes Coralinos e Costões Rochosos (19 e 20 de dezembro de 2011, Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira - IEAPM, Arraial do Cabo-RJ);
- *Workshop* do GT Estuários (09 a 11 de março de 2012, Estuário do Rio Jaguaripe-BA);
- *Workshop* do GT Praias (Macrofauna) (27 a 31 de agosto de 2012, Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo - CEBIMar - USP, São Sebastião-SP);
- *Workshop* do GT Praias (Meiofauna) (12 e 13 de novembro de 2012, UNIRIO – Rio de Janeiro-RJ);
- *Workshop* dos GTs Fundos Submersos Vegetados e Banco de Rodolitos (25 e 30 de novembro de 2012, *X Seagrass Biology Workshop*, Pontal da Ferradura *Convention Centre*, Búzios-RJ);
- *Workshop* do GT Manguezais e Marismas (13 a 16 de agosto de 2013, Estação Ecológica de Carijós - ICMBio, Praia da Daniela, Florianópolis-SC);
- *Workshop* do GT Educação Ambiental (10 a 12 de dezembro de 2013, III *Workshop* Brasileiro de Mudanças Climáticas em Zonas Costeiras, Hotel PraiaTur, Florianópolis-SC).

Nos capítulos a seguir são apresentadas propostas metodológicas para o monitoramento contínuo e de longo prazo em ecossistemas marinhos existentes na costa brasileira. Dado que essa é uma proposta de monitoramento de longo prazo que deverá ser executada pelo maior número de grupos de pesquisa ao longo da costa brasileira, cobrindo de forma mais completa possível toda a variação latitudinal da costa, os métodos apresentados foram definidos buscando-se presteza, simplicidade dos procedimentos e baixo custo, favorecendo sua ampla aplicação.

Nesse contexto, são apresentados protocolos para o monitoramento de longo prazo:

- dos fundos vegetados submersos (capítulo 2);
- dos bancos de rodolitos (capítulo 3);
- da estrutura e características funcionais do ecossistema manguezal (capítulo 4);
- da fenologia reprodutiva do ecossistema manguezal (capítulo 5);
- da produção de serapilheira do ecossistema manguezal (capítulo 6);
- da dinâmica vertical de substratos dos ecossistemas manguezal e marisma (capítulo 7);
- dos ecótonos entre manguezal e marisma e entre manguezal e vegetação de restinga (capítulo 8);
- da estrutura de pradarias de marismas (capítulo 9);
- de populações de *Ucides cordatus* (Crustacea: Brachyura: Ucididae) (capítulo 10);
- de ecossistemas bentônicos estuarinos (capítulo 11);
- dos recifes e ecossistemas coralinos (capítulo 12);
- dos costões rochosos (capítulo 13);
- da macrofauna de praias arenosas (capítulo 14);
- da meiofauna de praias arenosas (capítulo 15);
- dos eventos extremos sobre a macrofauna de praias arenosas (capítulo 16);
- de populações de *Scolelepis* (Polychaeta: Spionidae) (capítulo 17);
- de populações de Talitridae (Crustacea: Amphipoda) (capítulo 18);
- de populações de *Ocypode quadrata* (Crustacea: Decapoda) (capítulo 19);
- de populações de *Bledius* (Insecta: Coleoptera) (capítulo 20).

Percebe-se, no entanto, certa heterogeneidade nas propostas apresentadas pelos diferentes Grupos de Trabalho. Alguns GTs decidiram preparar mais de um capítulo, pois pretendem monitorar distintos aspectos ecossistêmicos (Manguezais e Marismas) e/ou biologia populacional de diferentes espécies indicadoras, além de aspectos da estrutura de comunidades (Praias Arenosas).

Devido à autoria dos capítulos pertencer a integrantes de diferentes GTs, cada grupo teve total autonomia para estabelecer os parâmetros bióticos e abióticos que, em seu entendimento, deveriam ser monitorados, e para definir formas de apresentação e análise dos dados. Por esse motivo, os capítulos apresentam especificidades em seus conteúdos, mas sem perder a essência proposta pela ReBentos. Neste sentido, espera-se que os protocolos de coleta em campo aqui apresentados possam corresponder a um estímulo para o estudo de habitats bentônicos dentro do contexto das mudanças ambientais locais e globais.

AUTORES

Alexander Turra – Universidade de São Paulo – USP
(autor para correspondência: turra@usp.br)

Márcia Regina Denadai – Universidade de São Paulo – USP

Capítulo 2

MONITORAMENTO DOS FUNDOS VEGETADOS SUBMERSOS (PRADARIAS SUBMERSAS)

Margareth da Silva Copertino, Joel Christopher Creed, Karine Matos Magalhães, Kcrishna Vilanova de Souza Barros, Marianna de Oliveira Lanari, Priscilla Rezende Arévalo, Paulo Antunes Horta

Foto: Joel C. Creed

Introdução

Fundos Vegetados Submersos (FVS) ou pradarias submersas são os habitats bentônicos formados por plantas vasculares (angiospermas), submersas e enraizadas no sedimento. Macroalgas rizofíticas ou psamófilas estão comumente associadas aos fundos, além de uma diversa comunidade de algas epífitas. Esses habitats dominam regiões costeiras rasas de dinâmica moderada, tanto marinhas como estuarinas, incluindo lagoas e lagunas costeiras. Em ambientes marinhos, esses habitats são chamados de "pradarias de gramas marinhas (do inglês *seagrass meadows*). As plantas vasculares marinhas (gramas marinhas), possuem adaptações anatômicas e morfológicas para crescer e se reproduzir em condições de água do mar (Den Hartog & Kuo, 2006). Quando crescem em estuários e lagunas, de salinidade variada, os fundos vegetados são formados por espécies marinhas, eurihalinas e de água doce, e portanto são mais comumente referidas como "vegetação aquática submersa" (VAS, do inglês *submerged aquatic vegetation;* Kemp *et al.*, 2004). A revisão e protocolo apresentados aqui se aplicam tanto às pradarias de gramas marinhas como de VAS e, portanto, os termos FSV ou simplesmente pradarias submersas se referem a ambos tipos de habitats.

As pradarias submersas contribuem para o aumento da produtividade primária, complexidade estrutural e biodiversidade dos ambientes costeiros e marinhos (Kemp *et al.*, 2004; Larkum *et al.*, 2006). As diversas partes das plantas (folhas, hastes, rizomas e raízes) e macroalgas (base, estipe e lâmina) formam habitats temporários ou permanentes para a flora e fauna bentônicas, provendo alimento e proteção para diversos estágios de desenvolvimento de invertebrados e peixes, incluindo recursos pesqueiros. Os habitats de pradarias são ainda utilizados pela fauna silvestre, como tartarugas, sirênios e aves, muitos dos quais estão ameaçados de extinção. As pradarias submersas modulam processos biogeoquímicos, físicos e sedimentológicos chave nos ambientes costeiros (Cafrey & Kemp, 1992; Ward *et al.*, 1984), promovendo reciclagem dos nutrientes, proteção da costa, melhoria da qualidade da água e contribuindo para o sequestro de carbono atmosférico (Duarte, 1999).

Mais recentemente, as pradarias marinhas têm sido reconhecidas como estoque e sumidouro de carbono atmosférico (Fourqurean *et al.*, 2012), juntamente com manguezais e marismas (Duarte *et al.*, 2005). Quando destruídos ou degradados, estes habitats possuem um alto potencial para emissões de gases de efeito estufa (McLeod *et al.*, 2011). Devido a esse importante papel no ciclo global do carbono, cientistas e ambientalistas concluem, baseando-se em diversos estudos, que a conservação e recuperação dos habitats costeiros vegetados, assim como inventários sobre os estoques e emissões nos *blue carbon hot spots*, devem ser prioritários dentro de planos de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Nellemann *et al.*, 2010; Sifleet *et al.*, 2011; McLeod *et al.*, 2012).

Devido aos importantes serviços ecossistêmicos associados, o valor econômico de pradarias marinhas tem sido estimado entre 19 mil até 2 milhões de dólares por hectare ao ano (Costanza *et al.*, 1997; Vassallo *et al.*, 2014; Blandon & Ermgassen., 2014; Tuya *et al.*, 2014). Entretanto, a valoração econômica de pradarias submersas necessita ser melhor quantificada na maioria das regiões do globo, considerando os diferentes ambientes (marinho ou estuarino), as diferentes espécies de plantas dominantes e os tipos de serviços ecossistêmicos associados (reciclagem de nutrientes, sequestro de carbono, proteção costeira, depuração da água, manutenção dos recursos pesqueiros, provimento de matéria prima, turismo e lazer, além de valores estético e cultural).

A despeito de sua importância ecológica e econômica, os fundos vegetados submersos têm desaparecido rapidamente da maioria das regiões costeiras do globo. Cerca de 30% das pradarias de gramas marinhas desapareceram desde o final do século XIX (Waycott *et al.*, 2009). Degradações de ambientes estuarinos têm sido registradas em regiões dos EUA e Europa com valores de até 100% de perda dos habitats de VAS no entorno de grandes centros. As taxas de perdas, entre 2 a 5% ao ano, aumentaram significativamente a partir da segunda metade do século XX, devido à rápida ocupação e degradação dos ambientes costeiros, posicionando as pradarias submersas dentre os habitats mais ameaçados do mundo (Orth *et al.*, 2006). Além de altamente vulneráveis a impactos antropogênicos diversos, pradarias de gramas marinhas e VAS são afetadas por variabilidade climática/hidrológica como vazão de rios, variações de temperatura, salinidade, tempestades e clima de ondas. Várias espécies de angiospermas marinhas são consideradas sentinelas costeiras (*coastal canaries*), já que respondem rapidamente às mudanças na qualidade da água (Orth *et al.*, 2006). Dessa maneira, as pradarias são também altamente vulneráveis às mudanças climáticas globais (MCG) observadas e previstas, como aumento da temperatura superficial do mar, elevação do nível médio do mar e acidificação dos oceanos, que afetam potencialmente a fisiologia das plantas (Short & Neckles, 1999; Duarte, 2002). Em médio e longo prazo, esperam-se impactos sobre a distribuição, abundância e estrutura das populações e comunidades, alguns dos quais já têm sido observados (Short & Wyllie-Echeverria *et al.*, 1996; Short *et al.*, 2006; Björk *et al.*, 2008; Connolly, 2009; Waycott *et al.*, 2009; Barros *et al.*, 2013). Os impactos das MCG se somarão aos impactos antropogênicos com resultados que não podem ser atualmente inferidos. Portanto, as funções ecológicas e os serviços ecossistêmicos associados às pradarias marinhas e VAS estão ameaçados, com repercussões em longo prazo para ecossistemas marinhos adjacentes (Duarte, 1999, 2002; Orth *et al.*, 2006).

Embora os números supracitados refiram-se principalmente à situação das pradarias nos EUA, Europa e Austrália, esta situação não poderia ser diferente para as pradarias da costa sul-americana e brasileira, considerando a história da colonização e intensa ocupação territorial, o crescimento urbano desordenado da zona costeira e o desenvolvimento industrial e portuário acelerado das últimas décadas. Impactos antropogênicos sobre a costa brasileira são diversos, e as pradarias marinhas estão ameaçadas por arte de pesca predatória, atividades de turismo e navegação, crescimento urbano, portuário e industrial acelerado, poluição por resíduos sólidos e esgoto, entre outros (Seeliger & Odebrecht, 2010; Martins *et al.*, 2012; Pitanga *et al.*, 2012). Comparados à maioria dos ambientes bentônicos costeiros (manguezais, recifes de corais, costões rochosos e praias arenosas), as pradarias brasileiras foram pouco estudadas, existindo pouco mais de 80 artigos publicados sobre a biologia, ecologia e dinâmica desses ambientes (Barros *et al.*, 2013). Somam-se a esse cenário a baixa percepção pela população brasileira quanto aos benefícios ecológicos e econômicos dos habitats de pradarias submersas e a inexistência de políticas ambientais específicas de proteção.

A ocupação e extensão total dos fundos submersos vegetados ao longo da costa brasileira ainda são desconhecidas. Tomando como base a área ocupada por algumas pradarias melhor estudadas (Estuário da Lagoa dos Patos, RS; Lagoa de Araruama, RJ; Itamaracá, PE; Parque Nacional de Abrolhos, BA), estimou-se uma extensão de vinte mil hectares de prados marinhos (Creed, 2002). Entretanto, dados recentes e ainda não publicados do projeto de "Mapeamento das Fanerógamas Marinhas do Brasil", indicam que este número deve ser subestimado. A grande maioria do litoral brasileiro carece de estudos e mapeamentos sistemáticos, visando a determinação da distribuição real e abundâncias das pradarias marinhas e estuarinas. Além disso, a dinâmica marinha e costeira contribui para grandes variações interanuais e interdecadais nas extensões dos prados, algumas culminando em desaparecimento por vários anos (*e.g.* anomalias de temperatura e precipitação), sendo o processo de recuperação lento e dependente de vários fatores físicos e biológicos (Short *et al.*, 2006; Copertino & Seeliger, 2010).

O estado atual de degradação dos ambientes costeiros, as perdas dos habitats de FVS, a ausência de dados temporais e espaciais na maioria das regiões costeiras e a alta vulnerabilidade das pradarias aos impactos antropogênicos diversos e às mudanças climáticas globais, têm incentivado a criação de programas de monitoramento (*Seagrass Net*, Short *et al.*, 2006; *Seagrass Watch*, McKenzie *et al.*, 2003) e de recuperação (Shafer & Bergstrom, 2010) dos habitats costeiros vegetados em diversas partes do mundo, além de painéis de discussão focados em ações e políticas de conservação (como *The Blue Carbon Iniciative*). No Brasil, estudos e monitoramento de longo prazo de pradarias submersas estão sendo adotados dentro de programas e redes de pesquisa integradas ou multidisciplinares (PELD, SISBIOTA, ReBentos, NAGISA) ou em redes e projetos mais específicos (SeagrassNet-Brasil, Mapeamento das Fanerógamas Marinhas do Brasil). Esses projetos visam preencher lacunas sobre a distribuição, dinâmica e o estado de conservação das pradarias submersas da costa brasileira. A criação de um banco de dados sobre a biodiversidade dos Fundos Vegetados Submersos, sua dinâmica temporal e suas relações com as variáveis climáticas e hidrológicas, possibilitará o desenvolvimento de modelos descritivos e preditivos, particularmente sobre os possíveis impactos das MCG sobre a distribuição e abundância das populações. A aplicação de diferentes cenários preditivos globais e regionais, as análises de impactos e vulnerabilidades e a atribuição das causas de alterações observadas irão fornecer uma plataforma de informações para subsidiar as ações de manejo e conservação destes habitats costeiros, em cenário atual e futuro. Dentro de planos de adaptação às mudanças climáticas, a conservação dos ecossistemas costeiros é prioritária, visando proteger a costa e as populações dos efeitos de elevação do nível do mar e eventos extremos, como ondas de tempestades e enchentes. Adicionalmente, a conservação da biodiversidade é fundamental para garantir suficiente variabilidade genética que permita adaptação dos organismos às previstas mudanças de temperatura, salinidade e concentrações de carbono inorgânico.

O presente protocolo apresenta uma proposta de monitoramento sistemático e de longo prazo para os Fundos Vegetados Submersos da costa brasileira, objetivando observar as possíveis alterações na composição e abundância das comunidades vegetais, assim como nos principais fatores abióticos que afetam a dinâmica destes habitats. Em médio prazo, o protocolo visa alcance nacional, possibilitando a integração dos resultados de diferentes programas, projetos e regiões do país. A longo prazo, dados obtidos pelo presente protocolo poderão fundamentar o desenvolvimento de modelos descritivos e preditivos, particularmente sobre os possíveis impactos das MCG sobre a distribuição e abundância das pradarias submersas da costa brasileira.

Hipóteses

Os Fundos Submersos Vegetados da costa brasileira são impactados por mudanças climáticas e ambientais globais. O tipo e o grau de impacto poderão variar conforme a região geográfica da costa, as características hidrodinâmicas e geomorfológicas locais, o tipo de atividade antrópica e diversidade e estrutura das comunidades.

As hipóteses específicas do estudo são:

- O aumento da carga de nutrientes (processos de eutrofização), devido ao aumento das chuvas, causará mudanças na abundância e na composição de espécies das pradarias. Os efeitos negativos da eutrofização podem provocar o aumento na abundância de algas epífitas, epsâmicas e/ou não fixas, incluindo táxons oportunistas;
- Mudanças na temperatura superficial do mar poderão afetar espécies tropicais, favorecendo a extensão ou deslocamento dos seus limites de ocorrência atuais em direção a latitudes mais elevadas;
- Eventos extremos (cheias, ondas de tempestades, descargas fluviais anômalas) podem causar redução e desaparecimento de pradarias de maneira rápida e brusca. O aumento na frequência destes eventos poderá causar redução e fragmentação de pradarias, principalmente em regiões já vulneráveis e impactadas;
- O aumento do aporte de descarga continental em estuários poderá afetar a abundância e composição, devido ao aumento da turbidez e mudanças na salinidade;
- Por outro lado, a redução de chuvas e/ou o aumento da penetração da água do mar poderá aumentar ou alterar a área de ocupação das pradarias localizadas em áreas estuarinas;
- Ondas de calor com a promoção de temperaturas extremas por dias ou semanas deverá reduzir a abundância, ou mesmo, dizimar bancos em áreas rasas.

Caracterização das Espécies de VAS na Costa Brasileira

As pradarias de gramas marinhas estão distribuídas por zonas tropicais, subtropicais e temperadas (Short *et al.*, 2007), assim como a VAS. Crescendo tipicamente em substratos não consolidados (sedimentos arenosos, areno-lodosos ou lodosos), são abundantes em águas rasas, claras e de hidrodinâmica moderada. Enquanto o limite superior da pradaria é determinado pela amplitude da maré e movimentação da água, o limite inferior é limitado, muitas vezes, pela penetração de luz. Dessa maneira, a distribuição e extensão dos prados é dependente da estabilidade do substrato, transparência da água e energia das marés, podendo ocupar desde o mesolitoral até o infralitoral raso (poucos centímetros) e profundo (dezenas de metros). Ao longo da costa brasileira, os Fundos Vegetados Submersos ocupam zonas intermareais e o infralitoral raso de ambientes marinhos e estuarinos. A distribuição abrange praias pouco expostas ou baías protegidas, o entorno de recifes de coral e rochosos, assim como o interior de estuários e lagunas costeiras, adjacente aos manguezais e marismas (Creed, 2002; Magalhaes & Alves, 2002; Copertino & Seeliger,

2010). Em regiões tropicais de águas muito claras, pradarias de gramas marinhas ocorrem em maiores profundidades (até cerca de 60m), no entorno de recifes coralinos ou rochosos, ou crescendo sobre os recifes.

O grupo das gramas marinhas possui baixa diversidade taxonômica quando comparado às macroalgas e plantas terrestres, com cerca de 14 gêneros e mais de 60 espécies registradas em todo o mundo (Den Hartog & Kuo, 2006). Na costa brasileira, cinco espécies apenas foram reconhecidas: *Halodule wrightii* Ascherson, *Halodule emarginata* Hartog (Cymodoceaceae), *Halophila decipiens* Ostenfeld, *Halophila baillonii* Ascherson (Hydrocharitaceae) e *Ruppia maritima* Linnaeus (Ruppiaceae) (Oliveira Filho *et al*., 1983) (Figura 2-1). A taxonomia das espécies brasileiras ainda é discutida e não é conclusiva, carecendo de estudos comparativos regionais, populacionais e intrapopulacionais, integrando aspectos morfológicos e genéticos. As macroalgas associadas às pradarias são em geral macroalgas marinhas rizofíticas (*Caulerpa*, *Penicillus*, *Bryopsis*, *Cladophora* e *Acetabularia*) ou nódulos livres de rodolitos (Coralinaceae). O gênero *Halodule* (capim agulha) ocorre desde o mesolitoral até a profundidade de 10-12 m. *Halodule wrightii* é a espécie mais comum e abundante nas regiões costeiras marinhas, ocorrendo desde o Piauí (região nordeste) até o Paraná (região sul). *H. emarginata* foi descrita para o Nordeste e Sudeste, mas sua taxonomia ainda precisa ser estudada. *Halophila decipiens* possui ocorrência mais restrita e menos abundante, ocorrendo desde o Piauí até São Paulo, entre 0 e 62 m de profundidade, sobre fundos moles com baixa hidrodinâmica (Oliveira Filho *et al*., 1983; Magalhães & Alves, 2002; Cocentino *et al*., 2004). *H. baillonii* foi descrita apenas uma vez para o litoral de Pernambuco e seu status ainda é desconhecido. *Ruppia maritima* possui a maior amplitude de distribuição na costa brasileira, com ocorrência desde o Maranhão (região nordeste) até o Rio Grande do Sul (extremo sul do país). Essa espécie é abundante em estuários, lagunas e lagoas costeiras, desde águas salobras até hipersalinas, em profundidades de até 3 m (Marques & Creed, 2008).

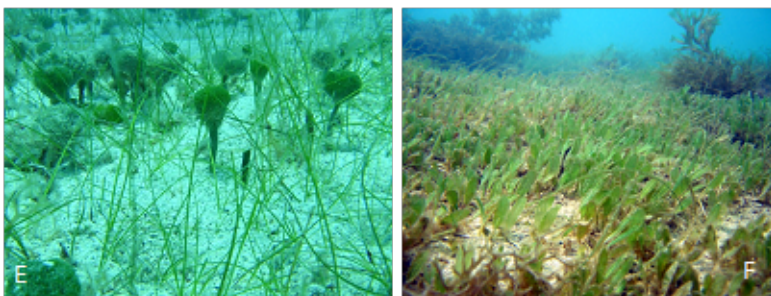
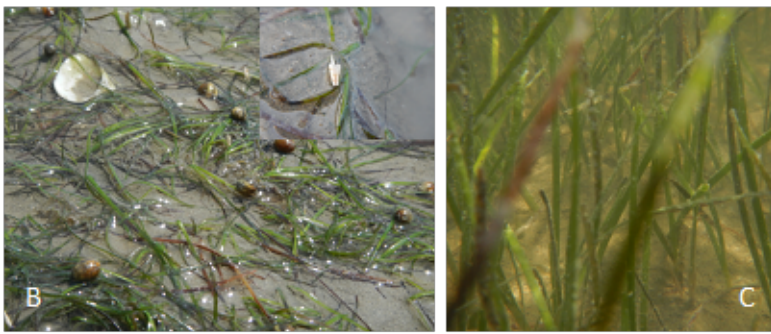



Figura 2-1. Fundos submersos vegetados nos ambientes marinhos-costeiros do Brasil. (A) Pradaria crescendo sobre plano lamoso intermareal (na maré baixa) de estuário tropical com manguezal ao fundo (Rio Macapá, Piauí); (B) hastes de *Halodule* sp. e gastrópode durante maré baixa, com detalhe de flor masculina; (C) hastes submersas durante maré alta; (D) tartaruga verde (*Chelonia mydas*) descansando sobre prado misto composto pela grama marinha *Halodule wrigthii* e macroalgas rizofíticas, no infralitoral arenoso e calcário de recife coralino (Banco de Abrolhos, Bahia); (E) hastes de *H. wrigthii* e talos da macroalga verde *Penicilius* sp.; (F) prado misto dominado por *Halophila decipiens*. Fotos: Pablo Riul (A), Gardênia Batista (B, C), Luciano Candizani (D) e Joel Creed (E, F).

Figura 2-1 (cont.). Fundos submersos vegetados nos ambientes marinhos costeiros do Brasil. (G) Pradaria de *Ruppia maritima* em zona rasa estuarina de região temperada quente (Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul), com marismas ao fundo; (H) hastes de *R. maritima* com inflorescências maduras e liberação de pólen, com detalhe da inflorescência; (I) R. *maritima* arribada na margem estuarina. Fotos: Ulrich Seligeer (G), Margareth Copertino (H, I).

Para este protocolo, serão incluídas além das plantas marinhas, espécies eurihalinas que formam pradarias e ocorrem em estuários e lagunas costeiras, como as representantes das VAS. A distribuição das espécies de VAS ocorre em zonas, podendo ocorrer plantas exclusivamente marinhas (*Halodule* sp.) na saída do estuário, seguidas por eurihalinas (*Ruppia maritima*), oligohalinas e de água doce ou salobra (*Zannichellia palustris*, *Potamogetum* spp., *Myriophyllum* spp.). Espécies de macroalgas de deriva, na grande maioria clorófitas, podem ocorrer associadas aos prados ou em bancos flutuantes (*Ulva* spp., *Ulvaria* spp., *Monostroma* spp., *Cladophora* spp., *Rhizoclonium* spp.). Tufos ou bancos de macroalgas de água doce são comuns nas partes mais internas do estuário, como é o caso dos gêneros *Chara* e *Nitella*. Com exceção de *Halodule* e *Ruppia*, a abundância e ecologia das outras espécies foi escassamente documentada na costa brasileira. Nos ambientes estuarinos, as espécies são mais efêmeras e, talvez, deva existir uma maior variação temporal e espacial do que as mais persistentes pradarias de gramas marinhas.

Métodos

Estabelecimento dos Locais e Transectos

A seleção das pradarias a serem monitoradas deve levar em consideração uma estratificação ou gradientes ambientais, assim como aspectos práticos de acesso e logística, de modo a garantir a sustentabilidade das observações em longo prazo, com frequência mínima sazonal. O ideal é escolher três áreas de pradaria (ou três pradarias), para representar um gradiente ambiental. Estes gradientes podem ser: praia *versus* estuário, região estuarina (oligohalina, mesomixohalina e euhalina), grau de exposição a ondas ou ventos, grau de impacto antropogênico (distância da fonte poluidora ou de distúrbio) etc. Caso somente uma pradaria for possível, a escolha deve priorizar uma pradaria bem consolidada, representativa, em região relativamente protegida, com baixo grau de impacto antropogênico.

Em cada local ou pradaria escolhidos devem ser delimitados três transectos fixos e permanentes (Tabela 2-1). Os transectos, paralelos às margens inferiores e superiores da pradaria, devem ter 50m de comprimento cada, e estabelecidos de acordo com o modelo proposto por Short *et al.* (2006), da seguinte maneira (Figura 2-2):

- Transecto A: dentro da pradaria, próximo à margem superior (rasa) da pradaria;
- Transecto B: em região intermediária ou no meio da pradaria (quando possível em área de transição, por exemplo, entre tipos de vegetação, sedimento etc.);
- Transecto C: dentro da pradaria, próximo ao limite final (fundo) de distribuição da pradaria.

Os transectos devem ser georreferenciados com GPS e marcados com utilização de âncoras tipo parafuso, nas posições 0m, 25m e 50m (Figura 2-3)

Tabela 2-1. Planilha para registro das coordenadas geográficas de cada ponto fixo nos transectos (marcas) do banco vegetado.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	HORA	DIA	MÊS	ANO	REGIÃO	ESTADO	MUNICÍPIO	LOCAL	TRANSECTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS																	
											TRANSECTO/POSIÇÃO 0 m						TRANSECTO/POSIÇÃO 25 m						TRANSECTO/POSIÇÃO 50 m					
											LATITUDE			LONGITUDE			LATITUDE			LONGITUDE			LATITUDE			LONGITUDE		
											GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG	GRAUS	MIN	SEG
1	A5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A																		
13	B8	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B																		
25	C5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C																		

Figura 2-2. Representação do desenho amostral para o monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados. Os transectos georrefenciados são posicionados sobre a pradaria, paralelos à pradaria/costa. Adaptado de Short *et al.* (2006).

Figura 2-3. Materiais e amostragens. (A) Âncora parafuso utilizada para a demarcação dos pontos fixos de cada transecto; (B) amostradores de PVC para biomassa; (C) sensores de luz (HOBO) e temperatura (*i-buttons*); (D) parte central da transversal mostrando (E) quadrado amostral (0,25m^2) identificado para registro fotográfico (fotoquadrado); (F) amostragem da biomassa; (G) coletor de sedimento para fauna (malha de 0,3 mm recomendada para lavagem de material em campo). Fotos: Joel Creed (A, B, C, D, E); Fundação Mamíferos Aquáticos da Paraíba FMA/PB (F) e Kcrishna Barros (G).

Frequência de Amostragem

As amostragens devem ser realizadas quatro vezes por ano, nos meses de janeiro, abril, julho e outubro. Frequências de amostragem maiores são facultativas. Entretanto, locais com restrições de acesso, dificuldades logísticas e limitação de recursos (humanos e/ou financeiros) poderão justificar amostragens semestrais (janeiro e julho) ou anuais (nesse caso, no mês de janeiro).

Obtenção dos Parâmetros Abióticos

Os seguintes parâmetros abióticos deverão ser amostrados a cada coleta:

- Profundidade: medir a profundidade nos pontos de cada âncora, com auxílio de régua, profundímetro ou sonda hidroacústica;

- Profundidade mínima de distribuição: medir as distâncias entre os pontos fixos (âncoras parafusos) do transecto A (Figura 2-2) até o limite mais raso da pradaria (última haste ou mancha), em sentido perpendicular ao transecto (caso haja retração da pradaria, a medida pode ser negativa) e anotar a profundidade nesses pontos (profundidades mínimas da pradaria, em metros);
- Profundidade máxima de distribuição: medir a distância entre o ponto fixo do transecto C (Figura 2-2) até o limite máximo da pradaria (última haste ou mancha), em sentido perpendicular ao transecto (caso haja retração da pradaria, a medida pode ser negativa) e anotar a profundidade em cada ponto (profundidades máximas da pradaria, em metros);
- Transparência: em habitats profundos, medir a profundidade com disco de *Secchi* sobre a pradaria. No caso de pradarias em áreas muito rasas (nesses casos o *Secchi* frequentemente bate no fundo antes de atingir a profundidade de extinção da luz), obter o *Secchi* em região profunda adjacente à pradaria, em um ponto fixo e georreferenciado. Adicionalmente, a transparência em áreas rasas é possível de ser obtida com disco de *Secchi* na horizontal;
- Características do sedimento: um testemunho de sedimento deve ser obtido fora do transecto, com amostrador de 5cm de diâmetro, enterrado a 15cm de profundidade. Esse volume garante cerca de 200g de amostra. Essa deverá ser coletada próximo ao marcador central de cada transecto (n = 3 amostras), para análise granulométrica e de matéria orgânica;
- Sedimentação e deposição/erosão: no marcador central de cada transecto, medir a distância da superfície do sedimento até o topo da âncora (isso deve ser feito colocando uma superfície horizontal paralela ao transecto como base, de modo a evitar a sub ou superestimativa, devido à influência da presença da âncora). Opcionalmente colocar um coletor de sedimento (tubo de PVC) fixo na âncora central de cada transecto (total de 3 amostras). A abertura do coletor deverá estar a, pelo menos, 50 cm da superfície do substrato. As amostras serão retiradas a cada amostragem da pradaria (de três meses até um ano), para análise;
- Salinidade: coletar água próximo ao marcador central de cada transecto, anotar o horário da coleta e medir a salinidade com refratômetro ou condutivímetro;
- Temperatura da água: este parâmetro deve ser obtido, idealmente, através de sensores acoplados com *loggers* (*e.g. iButton*), fixados no centro de cada transecto. Os sensores *i-button* devem ser trocados a cada monitoramento. As medidas de temperatura devem ser ajustadas para serem aferidadas a cada 6 horas levando em consideração a capacidade de armazenamento do *loggers* para que as medições sejam armazenadas durante os três meses entre as amostragens. Para períodos de amostragens semestrais, reduzir a quantidades de medições diárias. Caso não seja possível a instalação desses sensores para temperatura, esse parâmetro deve ser medido manualmente (termômetro) em cada monitoramento, em horário previamente fixado.

Os parâmetros abióticos devem ser compilados e organizados em planilhas digitais (Tabelas 2-2 e 2-3).

Tabela 2-2. Planilha para registro de parâmetros abióticos de cada transecto do banco vegetado durante dias de marés de sizígia e quadratura.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	HORA	DIA	MÊS	ANO	REGIÃO	ESTADO	MUNICÍPIO	LOCAL	TRANSECTO	PARÂMETROS AMBIENTAIS		
											PROFUNDIDADE (m)	SALINIDADE (PSU)	TEMP. ÁGUA (°C)
1	A5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
2	A7	10:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
3	A10	11:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
4	A18	12:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
5	A20	13:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
6	A22	14:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
7	A24	15:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
8	A26	16:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
9	A28	17:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
10	A30	18:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
11	A32	19:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
12	A34	20:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	A			
13	B8	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
14	B11	10:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
15	B13	11:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
16	B15	12:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
17	B17	13:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
18	B18	14:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
19	B20	15:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
20	B22	16:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
21	B25	17:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
22	B27	18:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
23	B30	19:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
24	B35	20:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	B			
25	C5	9:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
26	C10	10:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
27	C15	11:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
28	C20	12:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
29	C25	13:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			
30	C30	14:00	7	AGO	2013	NE	SE	ARACAJU	PRAIA DE ATALAIA	C			

Tabela 2-3. Planilha para registro dos parâmetros do sedimento e da água em cada transecto do banco vegetado.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	TRANSECTO	PARÂMETROS AMBIENTAIS											
			PROFUNDIDADE NAS POSIÇÕES			CARACTERÍSTICAS DO SEDIMENTO*				TAXA DE SEDIMENTAÇÃO*	IRRADIÂNCIA*	TRANSPARÊNCIA*	SALINIDADE*	TEMP. DA ÁGUA*
						AREIA	SILTE	ARGILA	MAT. ORG.					
			0 m	25 m	50 m	(%)	(%)	(%)	(%)	(ton dia $^{-1}$)	(mmol m $^{-2}$ s $^{-1}$)	(m)	(PSU)	(°C)
1	A5	A												
13	B8	B												
25	C5	C												

(*)medidos no marcador central de cada transecto.

Observações e Frequências Amostrais Facultativas

- Irradiância: caso disponível, medir a irradiância nos pontos fixos dos transectos, na altura do dossel da pradaria com fotômetro de campo, utilizando um quantômetro LI-COR®. A medida deve ser realizada no período de zênite solar. A obtenção de medidas de luz em diferentes profundidades e dias permite estimar o coeficiente de extinção da luz na água sobre o ambiente da pradaria;
- Dados contínuos dos parâmetros temperatura, salinidade, transparência e turbidez podem ser obtidos com frequência maior (mensal, diária, horária) em pontos fixos nas proximidades da pradaria, através da utilização de sondas, estações hidrológicas e oceanográficas etc.;
- Marés e hidrodinâmica local: em regiões de maior energia e amplitude das marés, a variação diária no nível do mar pode afetar os parâmetros ambientais do habitat da pradaria, como

profundidade, temperatura e salinidade. Esse é o caso de pradarias crescendo na zona intermareal e infralitoral raso, particularmente em regiões estuarinas onde a penetração diária da maré afeta significativamente a dinâmica hidrológica. Quando necessário e possível, alguns parâmetros podem ser monitorados para avaliar essa variabilidade ao longo de um dia de maré de sizígia e outro de quadratura.

Os níveis máximos e mínimos das marés no local podem ser obtidos nas tábuas de maré disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/). Esses níveis são calculados por modelos e fornecem a variação média relativa, em relação ao nível médio do mar e referencial geodésico. Para uma avaliação mais específica local, os níveis máximos e mínimos devem ser obtidos em pelo menos duas ocasiões do ano (janeiro e julho). Nesses meses, durante dias de maré de sizígia e outros de quadratura (mínimo de três dias para cada tipo de maré), devem ser obtidos os parâmetros profundidade (régua ou profundímetro), temperatura e salinidade no ponto central de cada transecto, com uma frequência de no mínimo três horas, ao longo de um período de 24 horas (Tabela 2-2). Esses parâmetros devem ser obtidos no ponto central de cada transecto, na altura do dossel ou no fundo da pradaria. Isso permitirá avaliar a influência relativa da maré (e massa de água) e temperatura do ar nesses parâmetros. No caso de pradarias na região intermareal, obter o tempo (horas) em que cada transecto fica exposto ao ar.

No caso de pradarias situadas em ambientes com pequena influência da maré (*e.g.* fundos vegetados de lagunas e lagoas costeiras), marés meteorológicas, vento, precipitação e descarga fluvial dominam a hidrodinâmica dos habitats estudados. Nesses casos, a obtenção dos parâmetros sob influência de eventos extremos (períodos de seca e estiagem, após marés meteorológicas e em períodos de calmaria), contribuiria significativamente para o monitoramento. Diferente do monitoramento da influência da maré astronômica, os dados de nível, temperatura e salinidade podem ser obtidos com frequência diária, durante um período de, no mínimo, sete dias.

Obtenção dos Parâmetros Biológicos

As observações em campo serão obtidas em doze pontos pré-sorteados aleatoriamente, ao longo de cada transecto e que devem ser fixos ao longo do estudo, como o exemplo descrito a seguir:

Transecto A: 5 m, 7 m, 10 m, 18 m, 19 m, 22 m, 26 m, 34 m, 35 m, 38 m, 43 m e 44 m;

Transecto B: 9 m, 10 m, 15 m, 17 m, 22 m, 25 m, 28 m, 31 m, 35 m, 37 m, 39 m e 45 m;

Transecto C: 2 m, 7 m, 8 m, 16 m, 18 m, 25 m, 26 m, 33 m, 38 m, 40 m, 44 m e 46 m.

- Cobertura vegetal: em cada transecto, analisar e anotar o percentual de cobertura visual (Figuras 2-4 e 2-5) de cada angiosperma *in situ*, dentro de quadrados amostrais (0,25 m^2), posicionados nos doze pontos pré-sorteados. O percentual de cobertura ocupado pelas macroalgas deve ser anotado (por táxon, se possível) registrando também a forma funcional dessas algas (rizofíticas, psamofíticas, de deriva, epifíticas ou rodolitos livres), com coleta de material para posterior identificação;
- Fotoquadrado: quando possível, obter imagens digitais de cada quadrado de cobertura para registro, análise posterior e conferência. A imagem deve ser obtida em ângulo reto, na distância que possibilite o completo enquadramento dos lados do quadrado amostral (aproximadamente um metro de altura). Na obtenção da imagem, o fotoquadrado deve registrar o sítio (local), letra do transecto e número do quadrado, com a utilização de placas de PVC, por exemplo (Figura 2-3) ou inserção de caixas de textos sobre a imagem digital posteriormente. Nesse último caso, o número do registro fotográfico deve ser anotado em campo;

- Altura do dossel: utilizando uma régua, medir a altura do dossel de cada espécie dominante de planta ou macroalga. No ponto central de cada quarto de quadrado, anotar quatro medidas da altura máxima do dossel, independentemente de composição específica. Caso visíveis, registrar os sinais e evidências de herbivoria;
- Coleta de exemplares: fora dos quadrados pré-sorteados, coletar exemplares da flora para posterior identificação, confecção de exsicatas e inclusão em herbário. Os exemplares devem ser coletados e tratados conforme os procedimentos botânicos padrões para confecção de exsicatas e *vouchers*.

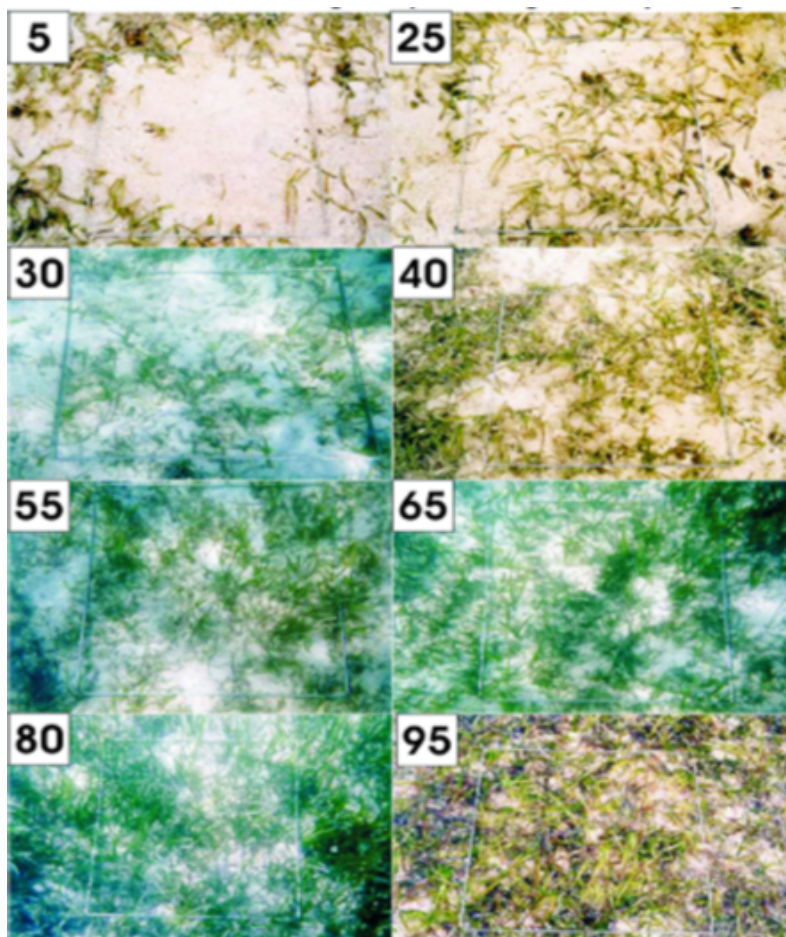



Figura 2-4. Percentual de cobertura (%) da vegetação dentro de fotoquadrados segundo padronização do protocolo *SeagrassNet* (Short *et al*., 2006). Fonte: www.seagrassnet.org.

Próximo aos transectos, mas fora dos fotoquadrados (Figura 2-3), coletar um testemunho de 10 cm de diâmetro, enterrado a 15 cm de profundidade, em área de cobertura vegetal que represente a fisionomia geral (percentual de cobertura) que foi amostrada (total de amostras por transecto = 12; total de amostras por campanha = 36). A coleta fora das áreas dos quadrados é necessária para evitar danos à área de cobertura que será monitorada. Em laboratório, as amostras serão lavadas e triadas para analisar os seguintes parâmetros:

- Densidade das macrófitas: separar a vegetação por espécie e os eixos com folhas, flores e frutos dos rizomas e raízes. Contar as hastes, flores e frutos para o cálculo da densidade. No caso das macroalgas, contar o número de indivíduos de espécies unitárias e/ou módulos de espécies com crescimento modular distinto para densidade;
- Morfologia vegetal: medir as principais características morfológicas de cinco indivíduos inteiros da espécie de planta vascular dominante: comprimento (da base do pecíolo ao ápice) e a maior largura de folha;
- Biomassa: secar a flora e fauna (sempre que possível e após a identificação dos grupos taxonômicos e/ou espécies) em estufa a 60°C, até peso constante final e pesar em balança de quatro

casas decimais. No caso de algas e fauna calcificadas, reunir as amostras do transecto, por espécie, pesar e queimar em mufla a 500°C por 2 horas, até completar a combustão da matéria orgânica em questão, para subtrair o peso livre de cinzas, do seco, considerando cada espécie de cada amostra.

Os parâmetros biológicos devem ser armazenados em planilhas digitais (Tabelas 2-4 e 2-5). Os parâmetros abióticos e biológicos deverão alimentar o Banco de Dados da ReBentos, que disponibilizará as informações obtidas pela Rede.

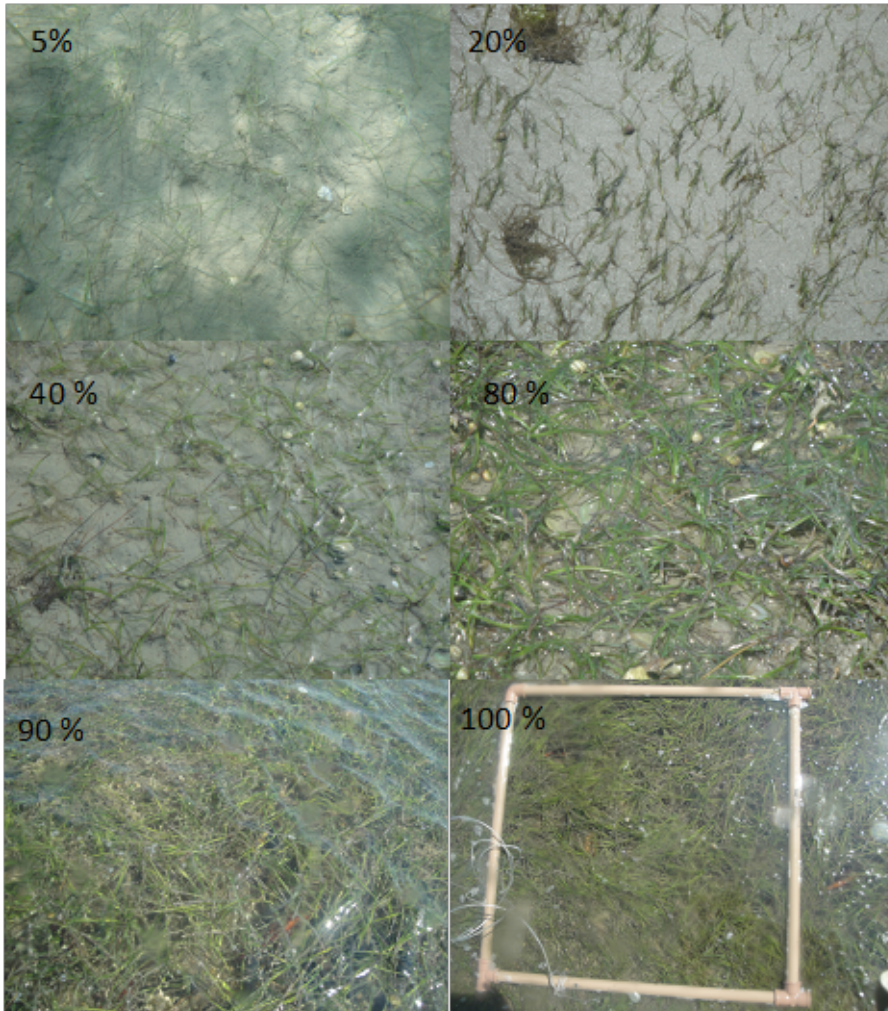



Figura 2-5. Exemplos de percentual de cobertura (%) da vegetação dentro de fotoquadrados em pradaria de *Halodule* sp. de zona intermareal estuarina. Fotos: Margareth Copertino.

Tabela 2-4. Planilha para registro dos parâmetros de abundância e morfométricos das fanerógamas marinhas coletadas em cada amostragem (sazonal, semestral ou anual).

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	TRANSECTO	POSIÇÃO DO QUADRADO NO TRANSECTO (m)	PARÂMETROS BIOLÓGICOS								
				FANERÓGAMAS MARINHAS								
				ESPÉCIES		COBERTURA	DENSIDADE	BIOMASSA AÉREA	BIOMASSA SUBT.	ALTURA DOSSEL	COMPR. TALO/ FOLHA	LARG. TALO/ FOLHA
				OCORRENTES	DOMINANTES	(%)	(eixo m^{-2})	(g m^{-2})	(g m^{-2})	(cm)	(cm)	(cm)
1	A5	A	5									
2	A7	A	7									
3	A10	A	10									
4	A18	A	18									
5	A20	A	20									
6	A22	A	22									
7	A24	A	24									
8	A26	A	26									
9	A28	A	28									
10	A30	A	30									
11	A32	A	32									
12	A34	A	34									
13	B8	B	8									
14	B11	B	11									
15	B13	B	13									
16	B15	B	15									
17	B17	B	17									
18	B18	B	18									
19	B20	B	20									
20	B22	B	22									
21	B25	B	25									
22	B27	B	27									
23	B30	B	30									
24	B35	B	35									
25	C5	C	5									
26	C10	C	10									
27	C15	C	15									
28	C20	C	20									
29	C25	C	25									
30	C30	C	30									
31	C35	C	35									
32	C38	C	38									
33	C40	C	40									
34	C42	C	42									
35	C45	C	45									
36	C47	C	47									

Tabela 2-5. Planilha para registro dos parâmetros de abundância e morfométricos de algas e macrofauna acompanhante, coletados a cada amostragem.

CÓD. REF.	CÓD. AMOSTRA	TRANSECTO	POSIÇÃO DO QUADRADO NO TRANSECTO (m)	PARÂMETROS BIOLÓGICOS							
				MACROALGAS				MACROFAUNA		CIANOFÍCEAS	EPÍFITAS
				COBERTURA (%)	DENSIDADE (eixo m^{-2})	BIOMASSA (g m^{-2})	ALTURA DOSSEL (cm)	DENSIDADE (ind m^{-2})	BIOMASSA (g m^{-2})	COBERTURA (%)	BIOMASSA (g m^{-2})
1	A5	A	5								
2	A7	A	7								
3	A10	A	10								
4	A18	A	18								
5	A20	A	20								
6	A22	A	22								
7	A24	A	24								
8	A26	A	26								
9	A28	A	28								
10	A30	A	30								
11	A32	A	32								
12	A34	A	34								
13	B8	B	8								
14	B11	B	11								
15	B13	B	13								
16	B15	B	15								
17	B17	B	17								
18	B18	B	18								
19	B20	B	20								
20	B22	B	22								
21	B25	B	25								
22	B27	B	27								
23	B30	B	30								
24	B35	B	35								
25	C5	C	5								
26	C10	C	10								
27	C15	C	15								
28	C20	C	20								
29	C25	C	25								
30	C30	C	30								
31	C35	C	35								
32	C38	C	38								
33	C40	C	40								
34	C42	C	42								
35	C45	C	45								

Amostragem Facultativa

- Macrofauna: lavar o testemunho de sedimento (enterrado a 10 cm de profundidade) em água corrente, utilizando uma malha de 0,5 mm, para a retenção da macrofauna. Se a primeira lavagem for feita em campo, recomenda-se o uso de uma malha de 0,3 mm (Figura 2-3G) e só depois de fixas ou congeladas as amostras poderão ser lavadas em malhas de 0,5 mm para evitar perda de organismos.
- Densidade da macrofauna: após obtida a abundância de cada espécie, é feito o cálculo da densidade, de acordo com a área do amostrador.

A Figura 2-6 ilustra as etapas a serem seguidas no cumprimento da metodologia proposta por este protocolo.

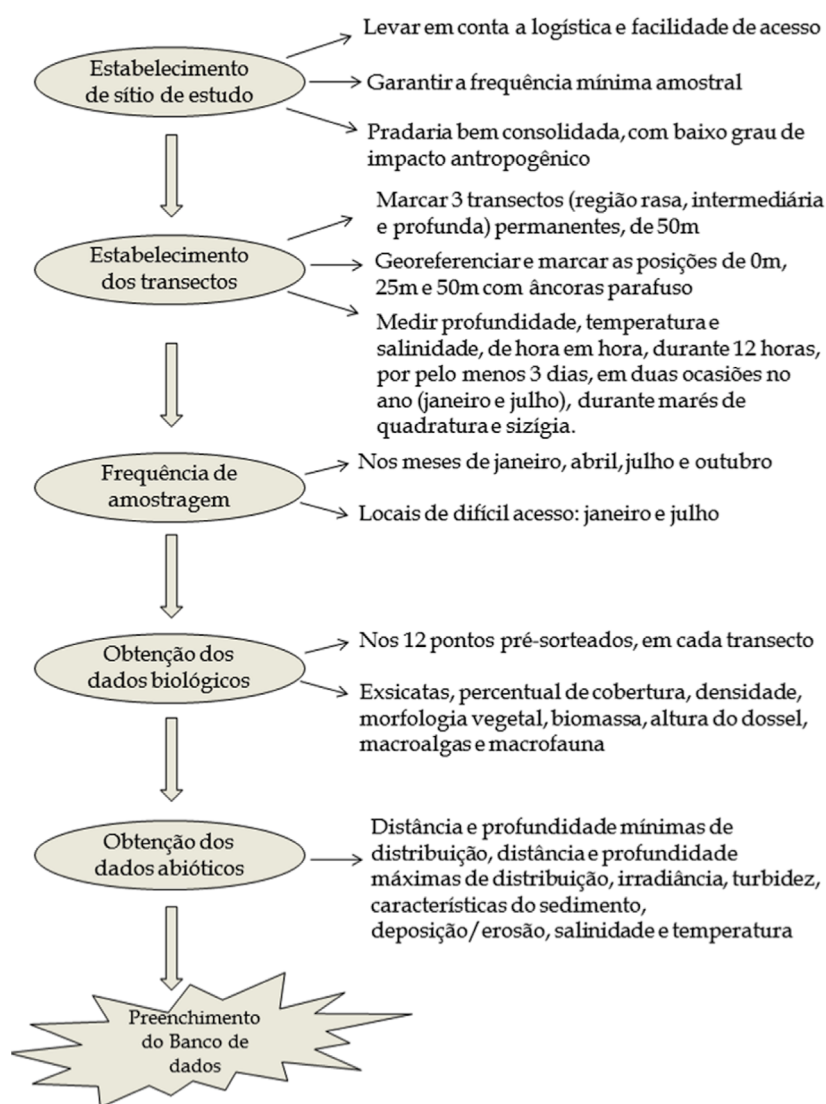



Figura 2-6. Etapas importantes do protocolo de monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados.

Considerações Finais

Após o preenchimento das tabelas com as variáveis biológicas e ambientais obtidas, será possível compreender as variações dessas populações, considerando a profundidade (transectos) e a dinâmica temporal (monitoramento). A obtenção das doze réplicas de amostras biológicas nos três perfis de profundidade, bem como das réplicas das variáveis ambientais (profundidade, temperatura e salinidade) permitirá a comparação, por meio de análises de variância, das variações dessas plantas e do ambiente em relação às

profundidades ou demais fatores levados em consideração (distância da fonte poluidora, ação de ventos e outros gradientes).

Em curto prazo, será possível observar não somente as variações sazonais e anuais das plantas, mas também a relação entre os caracteres das plantas e as variações dos fatores ambientais ao longo do tempo, através de análises multivariadas. Essas análises poderão evidenciar as principais variáveis ambientais que influenciam a dinâmica das plantas, bem como se as relações entre as variáveis biológicas e ambientais é significativa nos diversos ambientes estudados, auxiliando nos processos de compreensão e mitigação de mudanças ambientais e climáticas sob as plantas.

Ademais, a inclusão desses caracteres de várias áreas do país num banco de dados único poderá evidenciar ainda, além das similaridades e dissimilaridades dos caracteres das espécies ao longo da costa brasileira, as relações entre as diferentes características climáticas e respectivas variações sazonais e regionais das pradarias.

AUTORES

Margareth da Silva Copertino – Universidade Federal do Rio Grande – FURG
(autor para correspondência:doccoper@furg.br)

Joel Christopher Creed – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Karine Matos Magalhães – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Kcrishna Vilanova de Souza Barros – Universidade Federal do Ceará – UFC

Marianna de Oliveira Lanari – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Paulo Antunes Horta – Universidade Federal da Santa Catarina – UFSC

Priscilla Rezende Arévalo – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Referências

Barros, K.V.S.; Rocha-Barreira, C.A.; Magalhães, K.M. 2013. "Ecology of Brazilian seagrasses: is our current knowledge sufficient to make sound decisions about mitigating the effects of climate change?" *Iheringia Série Botânica*, 68(1): 155-170.

Björk, M.; Short, F.; Mcleod, E.; Beer, S. 2008. *Managing seagrasses for resilience to climate change*. Switzerland: World Conservation Union Global Marine Programme, Gland, p. 55.

Blandon, A., Ermgassen, P.S.E. 2014. "Quantitative estimate of commercial fish enhancement by seagrass habitat in southern Australia". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 141: 1-8.

Cafrey, J.M.; Kemp, W.M. 1992 Influence of the submersed plant, Potamogeton perfoliatus, on nitrogen cycling in estuarine sediments. *Limnology and Oceanography*, 37(7): 1483-1495.

Cocentino, A. L.; Magalhães, K. M.; Pereira, S. M. B. 2004. "Estrutura do Macrofitobentos Marinho". pp. 391-424. In: Eskinazi-Leça, E.; Neumman-Leitão, S.; Costa, M. F (Eds.) *Oceanografia, um cenário tropical*. Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. Recife: Edições Bagaço.

Connolly, R.M. 2009. "Seagrass". pp. 1-14. In: Poloczanska, E.S.; Hobday, A.J.; Richardson, A.J. (Eds.). *Marine Climate Change in Australia: impacts and adaptation responses report card*. Australia: NCCARF Publication 05/09.

Copertino, M.; Seeliger, U. 2010. "Habitats de pradarias de Ruppia maritima e macroalgas". In Seeliger, U.; Odebrech, C. (Eds.). *Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Rio Grande: FURG.

Costanza, R.; d'Arge, R.; De Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Naeem, S.; Limburg, K.; Paruelo, J.; O'Neill, R.V.; Raskin, R.; Sutton, P.; van den Belt, M. 1997. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*, 287: 253-260.

Creed, J.C. 2002. "Biodiversidade das gramas marinhas brasileiras". pp. 127-131. In: Araujo, E.L.; Moura, A.N.; Sampaio, E.V.S.B.; Gestinari, L.M.S.; Carneiro, J.M.T. (Eds.). *Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil*. Recife: Imprensa Universitária, UFRPE.

Den Hartog, C.; Kuo, J. 2006. "Taxonomy and biogeography of seagrasses". pp. 1–23. In: Larkum, A.W.D.; Orth, R.J.; Duarte, C.M. (Eds.) *Seagrasses: Biology, ecology and conservation*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Duarte, C.M. 1999. "Seagrass ecology at the turn of the millennium: challenges for the new century". *Aquatic Botany*, 65: 7–20.

Duarte, C.M. 2002. "The future of seagrass meadows". *Environmental Conservation*, 29: 192-206.

Duarte, C.M.; Middelburg, J. J.; Caraco, N. 2005. "Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle". *Biogeosciences*, 2: 1-8.

Fourqurean, J.W.; Duarte, C.M.; Kennedy, H.; Marbà, N.; Holmer, M.; Mateo, M.A.; Apostolaki, E.T.; Kendrick, G.A.; Krause-Jensen, D.; McGlathery, K.J.; Serrano, O. 2012. "Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock". *Nature*, 5: 505-509.

Kemp, W. M.; Batiuk, R.; Bartleson, R.; Bergstrom, P.; Carter, V.; Gallegos, C.; Hunley, W.; Karrh, L.; Koch, E.W.; Landwehr, J.M.; Moore, K.A.; Murray, L.; Naylor, M.; Rybicki, N.B.; Wilcox, D.J. 2004. "Habitat requirements for submerged aquatic vegetation in Chesapeake Bay: Water quality, light regime, and physical-chemical factors". *Estuaries*, 27:363–377.

Larkum A.; Orth, R. J.; Duarte, C. M. 2006. Seagrasses: biology, ecology and conservation. Springer, p. 691.

Martins C.D.L.; Arantes N.; Faveri C.; Batista M.B.; Oliveira E.C.; Pagliosa P.R.; Fonseca A.L.; Nunes J.M.C.; Chow F.; Pereira S.B.; Horta P.A. 2012. "The impact of coastal urbanization on the structure of phytobenthic communities in southern Brazil". *Marine Pollution Bulletin*, 64: 772-778.

Magalhães, K.M.; Alves, M.S. 2002. "Fanerógamas marinhas do litoral do estado de Pernambuco". pp. 173-181. In: Tabarelli M.; Cardoso da Silva, J.M. (Org.). 2002. *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. v. 1. Recife: Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente, Editora Massangana.

Marques, L.V.; Creed, J.C. 2008. "Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil". *Oecologia Brasiliensis*, 12(2): 315-331.

McKenzie, L.J.; Campbell, S.J.; Roder, C.A. 2003. *Seagrass-Watch: Manual for Mapping & Monitoring Seagrass Resources by Community (citizen) volunteers*. 2nd Edition, p. 100.

Mcleod, E.et al. 2011. "A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO2". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9 (10): 552–560.

Nellemann, C. et al. 2010. "*A Rapid Response Assessment*". United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.

Oliveira Filho, E.C.; Pirani, J.R.; Giulietti, A.M. 1983. "The Brazilian seagrasses". *Aquatic Botany*, 16: 251-265.

Orth, R.J. et al. 2006. "A global crisis for seagrass ecosystems". *Bioscience*, 56: 987-996.

Pitanga, M.E.; Magalhães, K.M.; Montes, M.J.F.; Reis, T.N.V. 2012. "Quantification and classification of the main environmental impacts on a Halodule wrightii seagrass meadow on a tropical island in northeastern Brazil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84: 35-42.

Seeliger, U.; Odebrecht, C. 2010. *Estuário da Lagoa dos Patos: um século de transformações*. Rio Grande: FURG, p. 180.

Shafer, D.; Bergstrom, P. 2010. "An Introduction to a Special Issue on Large-Scale Submerged Aquatic Vegetation Restoration Research in the Chesapeake Bay: 2003–2008". *Restoration Ecology*, 18: 481-489.

Short, F.T.; Neckles, H.A. 1999. "The effects of global climate change on seagrasses". *Aquatic Botany*, 63: 169-196.

Short, F.T.; Wyllie-Echeverria, S. 1996. "Natural and human induced disturbance of seagrasses". *Environmental Conservation*, 23: 17-27.

Short, F.T.; Carruthers, T.; Dennison, W.; Waycott, M. 2007. "Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350: 3–20.

Short, F.T. et al. 2006. *SeagrassNet: Manual for scientific monitoring of seagrass habitat*. Worldwide edition. New Hampshire: University of New Hampshire, p. 75.

Sifleet, S.; Pendelton, L.; Murray, B. 2011. *State of the science on coastal blue carbon: a summary for policy makers*. Nicholas Institue for Environmental Policy Solutions Report. NI R 11-06.

Tuya, F.; Haroun, R.; Espino, F. 2014. "Economic assessment of ecosystem services: Monetary value of seagrass meadows for coastal fisheries". *Ocean & Coastal Management*, 96: 181-187.

Vassallo, P.; Paoli, C.; Rovere, A.; Montefalcone, M.; Morri, C.; Bianchi, C.N., 2014. "The value of the seagrass Posidonia oceanica: a natural capital assessment". *Marine Pollution Bulletin*, 75: 157-167.

Ward, L.G.; Kemp, W.M.; Boyton, W.R. 1984. "The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment". *Marine Geology*, 59, 85–103.

Waycott, M. et al. 2009. "Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems". Proceedings of the National Academy of the United States of America, *Ecology*, 106(30): 12377-12381.

ANEXOS — CAPÍTULO 2

Anexo 2-I. Descrição das Espécies de Gramas Marinhas Brasileira

As espécies de gramas marinhas brasileiras pertencem a apenas três gêneros: *Halodule* (Cymodoceaceae), *Halophila* (Hydrocharitaceae) e *Ruppia* (Ruppiaceae). As espécies têm forte afinidade com a flora do Caribe (Short *et al.* 2001), embora ainda haja controvérsias acerca de quantas espécies de fato ocorrem no Brasil (Oliveira Filho *et al.*, 1983; Phillips, 1992; Creed, 2003; Marques & Creed, 2008). Oliveira Filho *et al.* (1983) analisaram exemplares coletados em grande parte da costa brasileira. Os autores realizaram diagnósticos e elaboraram uma chave de identificação baseada na morfologia externa das folhas e das estruturas reprodutivas. Até o presente, cinco espécies de angiospermas marinhas são reconhecidas para o Brasil: *Halophila baillonii* Ascherson *ex* Dickie, *H. decipiens* Ostenfeld, *Halodule wrightii* Ascherson, *H. emarginata* Den Hartog e *Ruppia maritima*. Oliveira Filho *et al.* (1983) consideram *H. brasiliensis* sinonímia de *H. wrightii*, pois acreditam que a caracterização pelo tipo de folha foi insuficiente para sua elevação à espécie nova. Devido à plasticidade fenotípica das gramas marinhas não há consenso acerca do número de espécies do Brasil e uma importante questão é verificar a relevância das influências genéticas (ou intrínsecas) e ambientais sobre a morfologia. Com base nas informações dos estudos de Oliveira *et al.* (1983), Kuo & Den Hartog (2001) e em nossas observações mais recentes de campo, caracterizamos as espécies brasileiras e sua distribuição ao longo do litoral.

- *Ruppia maritima* (Figura 2-I-1): possui folhas lineares de largura de 0,5 até 3,0 mm, com ápice agudo minuciosamente serrilhado. Planta monoica com inflorescência formada por duas flores nuas, cada uma composta por 4 anteras sésseis e 4 carpelos. Após fecundação, o caule reprodutivo se alonga acima das hastes vegetativas. Frutos são pedunculados, com pedúnculos compridos retos ou levemente espiralados. A espécie é encontrada em estuários de águas salobras até hipersalinas e profundidades rasas, de até 3 m. Possui a distribuição mais ampla dentre as espécies brasileiras, sendo descrita para o Maranhão, Piauí, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul;
- *Halodule wrightii* (Figura 2-I-2): folhas lineares com até 12 cm de comprimento e largura de 0,3 a 1,0 mm, ápice bicúspide. Planta dioica. Flor masculina pedunculada, com até 2 cm de comprimento e anteras com 3,5-5,0 mm. As duas anteras são posicionadas com cerca de 0,5 cm de diferença de altura. Flor feminina com pistilo de até 28 mm de comprimento. Frutos com 1,5-2,0 mm em diâmetro. Possui ampla distribuição na costa brasileira, ocorrendo do Piauí até Santa Catarina, crescendo em áreas estuarinas, costeiras e marinhas abrigadas até dinâmicas moderadas, com substrato que varia de areia a lama. Encontradas desde a zona entremarés até cerca de 10 m de profundidade. Mais abundante na costa nordeste do Brasil, em águas mais quentes. No nordeste forma extensivos bancos entre os recifes e o continente.;
- *Halodule emarginata* (Figura 2-I-3): folhas lineares com até 11 cm de altura e 1,5 mm de largura, com ápice emarginado ou obtuso, com dentes laterais pouco desenvolvidos ou ausentes. Essas últimas características a diferem de *H. wrightii*. Planta dioica, com flor masculina formada por 2 estames sésseis, posicionados levemente em diferentes alturas do caule floril (com menos de 0,5 cm). Endêmica da costa brasileira. Ocorrência descrita desde a Bahia até São Paulo sendo usualmente encontrada na zona entremarés até cerca de 10 m de profundidade;
- *Halophila decipiens* (Figura 2-I-4): possui duas folhas pecioladas saindo do mesmo eixo, com lâminas oblongas-elípticas, 10-25 mm de comprimento, 3-6 mm de largura, com 6-9 nervuras laterais saindo da nervura central, margens serrilhadas. Rizomas finos e alongados, com escamas transparentes. Planta monoica, com flores femininas e masculinas no mesmo eixo floral cobertas por bainha. Flor masculina com pétalas de 1,5 mm de comprimento e anteras

de 1 mm. Flores femininas com 3 pistilos de 1,5-2,5 mm de comprimento. Fruto amplamente elipsoide, com 1,5 mm de comprimento e 1mm de largura. Sementes ovoides, 0,2-0,4 mm de diâmetro. Ocorre desde o Piauí até São Paulo;

- *Halophila baillonii* (Figura 2-I-5): possui quatro folhas saindo do mesmo eixo ou pecíolo e formando um vértice. Folhas oblongas, ovais, elípticas até lanceoladas, de ápice obtuso. Folhas com 5-22 mm de comprimento, 2-8 mm de largura, com 3-8 nervuras saindo de cada lado da mídribe central. Pecíolo com 2-5 mm de comprimento. Rizomas frágeis e finos, com ramos laterais eretos com 6-40 mm de comprimento. Planta dioica. Flor masculina com tépalas e anteras de 4 mm de comprimento. Flor feminina com 2-5 pistilos de 10-30 mm de comprimento. Fruto globular, 2-3 mm de diâmetro. Sementes subesféricas. Registro de ocorrência restrito à região costeira de Recife, Pernambuco, a cerca de 30m de profundidade.

Tabela 2-I-1. Caracterização geral das cinco espécies de gramas marinhas brasileiras.

Espécie	Morfologia das folhas	Reprodução	Ambiente
Ruppia maritima	Lineares, com ápice agudo minuciosamente serrilhado, com largura até 3,0mm	Monoica	Estuarino, lagunas, lagoas costeiras, até 5 m
Halodule wrightii	Lineares com largura de 0,3 a 1 mm, ápice bicúspide ou tricúspide, com dentes laterais bem desenvolvido	Dioica	Marinho estuarino, 0-10 m
H. emarginata	Lineares com largura maior que m, ápice obtuso ou emarginado com dentes laterais pouco visíveis ou ausentes	Dioica	Marinho, 0-10 m
Halophila decipiens	Oblongas-obovadas, com duas folhas por eixo, formando um vértice	Monoica	Marinho, 0-60 m
H. bailonii	Oblongas, ovais ou obovadas, com quatro folhas por eixo, formando um vértice	Dioica	Marinho, 0-60 m

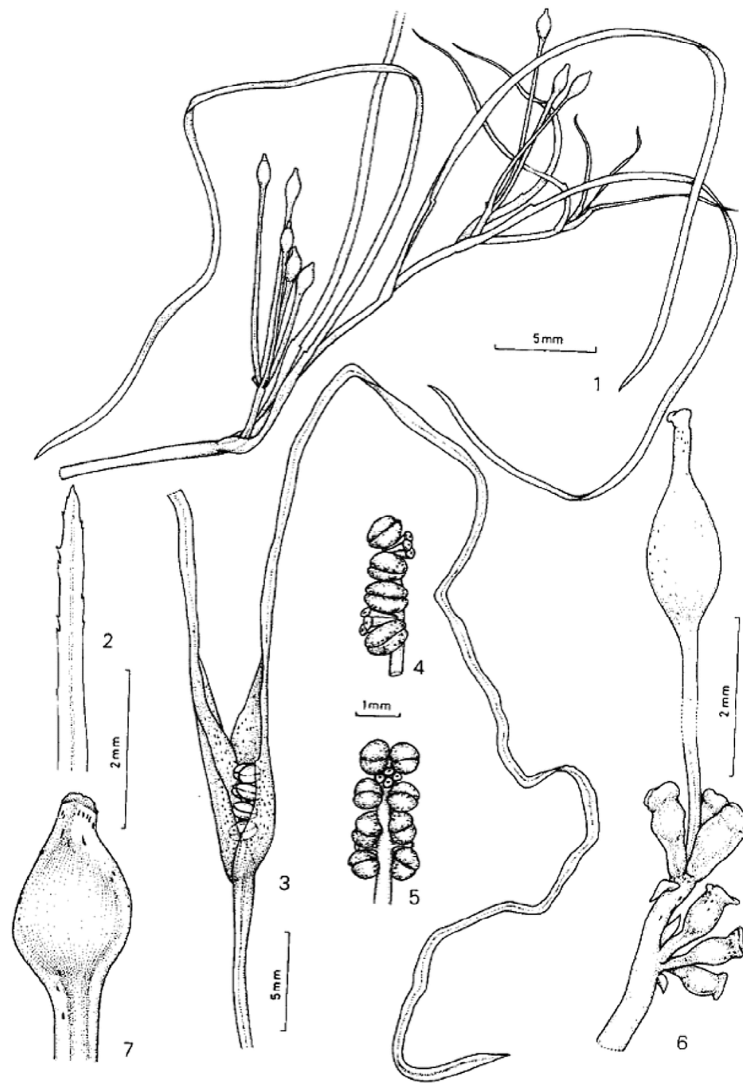



Figura 2-I-1. *Ruppia maritima*. Hábito geral de planta com frutos (1), morfologia da extremidades foliar (2) e estruturas reprodutivas (4 a 7) de exemplar da costa do Brasil. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany.* 16.

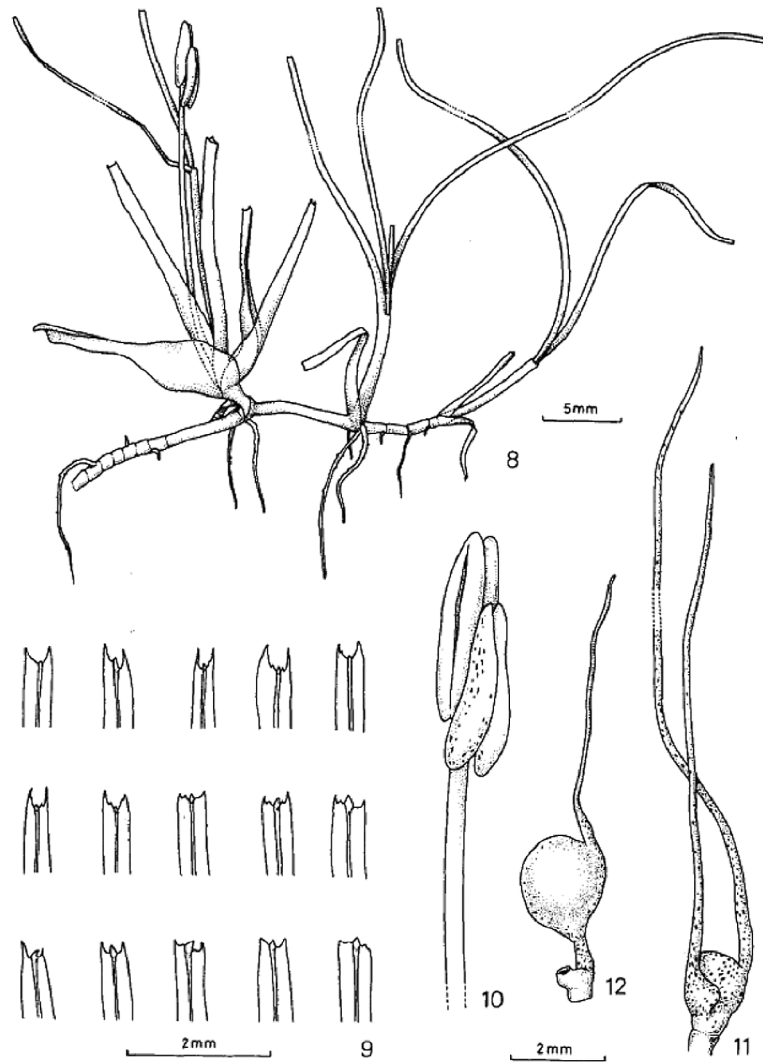



Figura 2-I-2. *Halodule wrightii*. Hábito geral de planta masculina (8), variação das extremidades foliares (9) e estruturas reprodutivas (10, 11 e 12) de exemplares encontrados na costa do Brasil. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

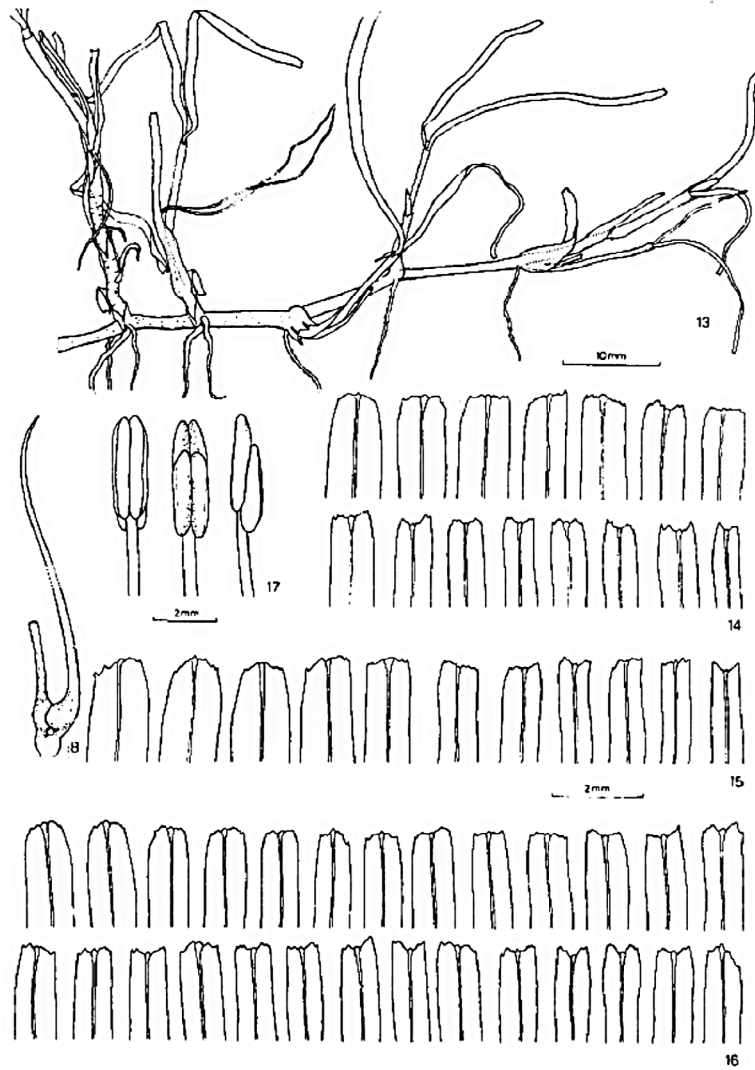



Figura 2-I-3. *Halodule emarginata*. Hábito geral de planta feminina (13), variação da extremidade foliar (14-16) e estruturas reprodutivas (17, 18) de exemplares encontrados ao longo da costa brasileira. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

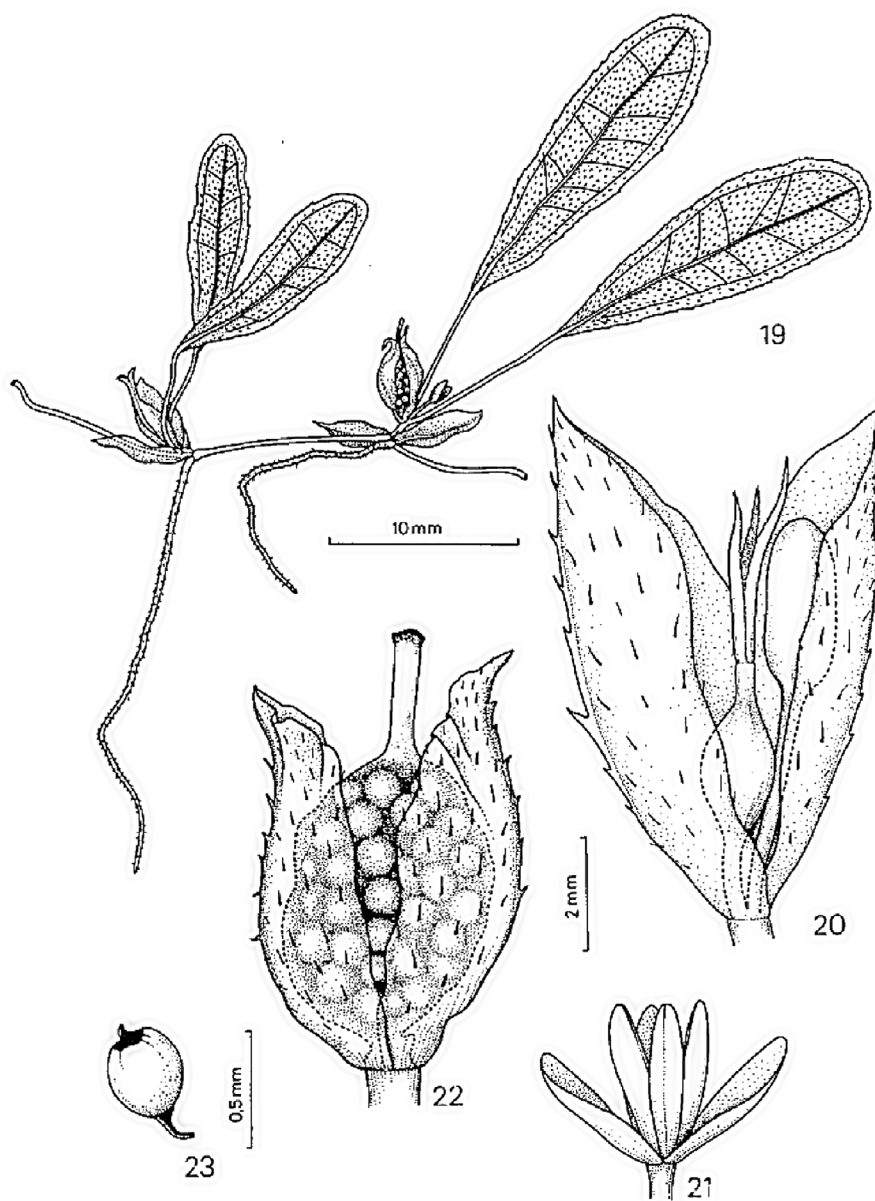



Figura 2-I-4. *Halophila decipiens*. Hábito geral de planta com flores (19), variação da extremidade foliar (14-16) e estruturas reprodutivas (20 a 23) de exemplares encontrados ao longo da costa brasileira. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany*. 16.

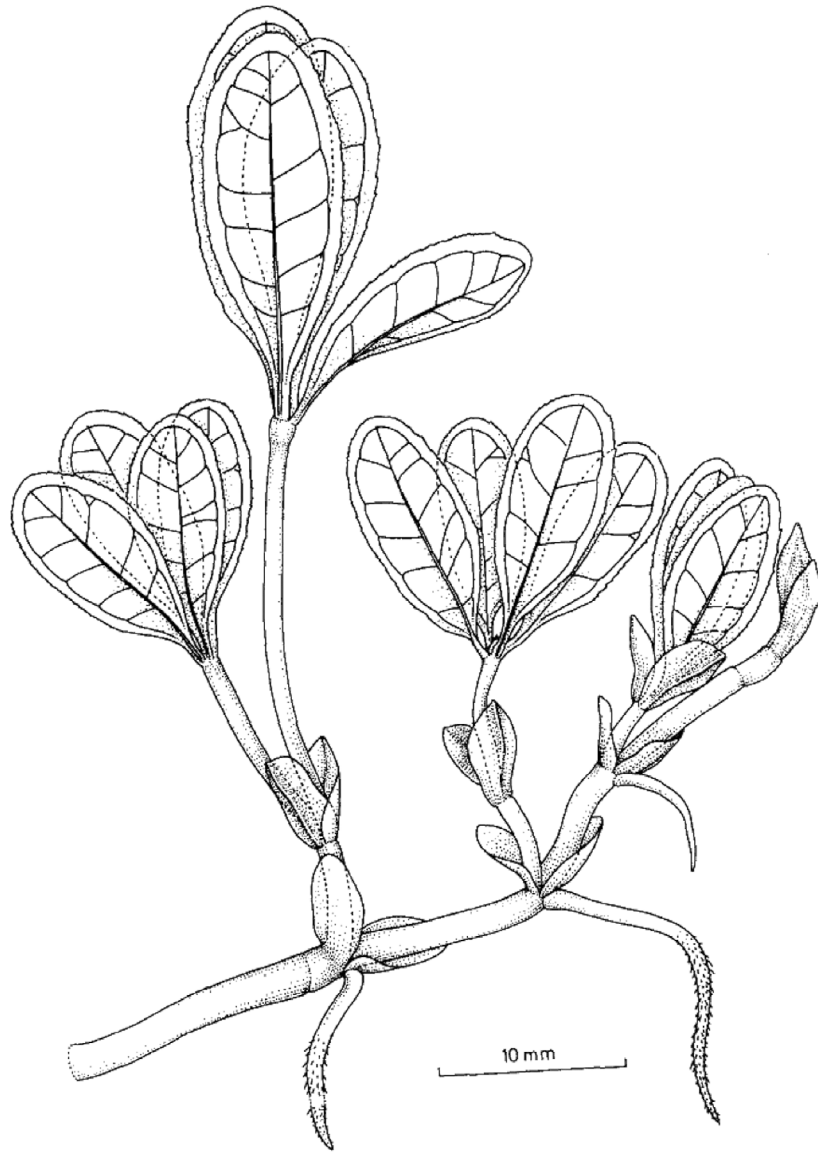



Figura 2-I-5. *Halophila bailoni*. Hábito geral de planta de exemplares encontrados ao norte da costa brasileira. Reproduzido de Oliveira *et al.* (1983), *Aquatic Botany.* 16.

Referências

Creed, J.C. 2003. “The seagrasses of South America: Brazil, Argentina, and Chile”. In: Green, E.P.; Short, F.T. (eds.). *World Atlas of Seagrasses*. Berkeley, USA: University of California Press.

Kuo J.; Den Hartog C. 2001. “Seagrass taxonomy and identification key”. pp 31–58. In: Short, F.T.; Coles, R.G. (eds) *Global Seagrass Research Methods*. Amsterdam: Elsevier.

Marques, L.V.; Creed, J.C. 2008. “Biologia e ecologia das fanerógamas marinhas do Brasil”. *Oecologia Brasiliensis*, 12(2): 315-331.

Oliveira Filho, E.C.; Pirani, J.R.; Giulietti, A.M. 1983. “The Brazilian seagrasses”. *Aquatic Botany*, 16: 251-265.

Phillips, R.C. 1992. “The seagrass ecosystem and resources in Latin America”. p. 108-121. In: Seeliger, U. (Ed) *Coastal plant communities of Latin America*. San Diego: Academic Press.

Short, F.T.; Coles, R.G.; Pergent-Martini, C. 2001. “Global Seagrass Distribution.” Chapter 1, pp. 5-30. In: Short, F.T.; Coles, R.G. (eds.). *Global Seagrass Research Methods*. Amsterdam: Elsevier Science B.V.

ANEXO 2-II. FORMULÁRIO DE CAMPO

	Formulário Geral para o Monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados (FSV)

Estado:________________ Município:______________________________ Local:________________________

Responsável/Instituição: ____

Data de coleta: ______________ Hora inicial: ______________ Hora final: ________________

Maré alta(m)/Horário: ___________ Maré baixa(m)/Horário: __________

Larg. entremarés(m): ___________

Distância linear entre os níveis da maré:

superior – médio: __________________________ e médio – inferior: _____________________________

Distância entre transectos:

superior – intermediário: _________________ e intermediário – inferior: ____________________

Declividade entre pontos de observação (cm): 1: ______ 2: ______ 3: ______ 4: ______ 6: ______ 7: ______ 8 :______ 9: ______ 10: ______ 11: ______ 12: ______

Para prados intermareais: tempo de exposição do transecto ao ar: _______________________

Observações:____

Anexo 2-III. Lista de Materiais Necessários para Conduzir um Protocolo Mínimo de Monitoramento dos Fundos Submersos Vegetados

Equipamentos

- GPS;
- Jogo de peneiras e agitador de sedimento;
- Estufa de secagem;
- Mufla de combustão;
- Refratômetro ou condutivímetro;
- Termômetro ou sensor de temperatura;
- Profundímetro ou sonda hidroacústica;
- Máquina fotográfica subaquática ou com caixa estanque;
- Disco de *Secchi;*
- Trena digital (opcional).

Materiais

- Âncoras parafuso (9 por sítio amostral);
- Quadrados amostrais (0,25m^2);
- Trena de plástico (50m);
- Amostradores de biomassa (tubo de PVC, 10 cm diâmetro e 30cm de altura);
- Amostradores de sedimento (tudo de PVC ou metal, 5 cm de diâmetro, 50cm de altura);
- Régua de madeira, plástico rígido ou Inox;
- Sacos plásticos médios e pequenos etiquetados;
- Amostradores de sedimentação;
- Prensa de madeira ou metal;
- Materiais para confecção de exsicatas.

Capítulo 3

MONITORAMENTO DE BANCO DE RODOLITOS

Paulo A. Horta, Flávio A. S. Berchez, José Marcos de C. Nunes, Fernando Scherner, Sonia M. B. Pereira, Pablo Riul, Tito M. C. Lotufo, Letícia M. C. Peres, Marina N. Sissini, João Rosa, Vanessa Freire, Leidson Allan de Lucena, Vanessa Borges, Andre S. Rovai, Leonardo Rorig, Alessandra L. D. O. Fonseca, Paulo R. Pagliosa, José Bonomi Barufi, Jason Hall-Spencer, Rafael Riosmena-Rodriguez, João M. S. Silva, Márcia Figueiredo

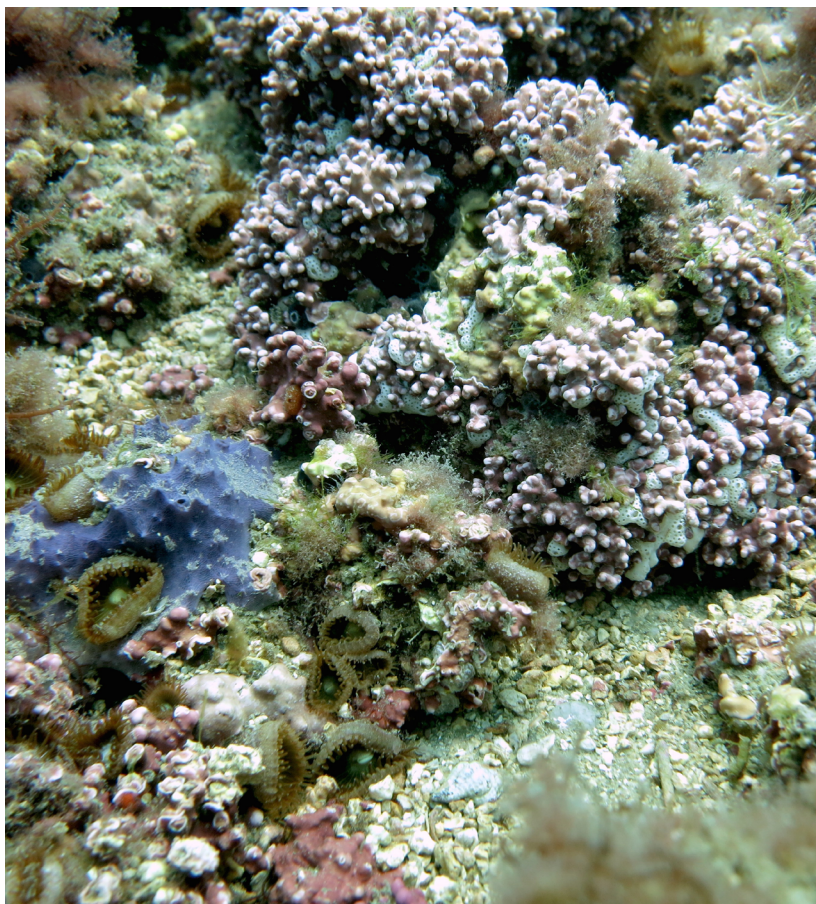



Foto: Marina N. Sissini

Introdução

Os bancos de rodolitos (Figura 3-1) se estendem por praticamente toda a margem interna da plataforma continental brasileira (Foster, 2001), sendo abundantes do Rio de Janeiro até o litoral Maranhense (Milliman & Amaral, 1974; Bahia *et al.*, 2010), mas também encontrados em ilhas oceânicas (Amado-Filho *et al.*, 2012a, b), montanhas submarinas da cadeia Vitória–Trindade (Pereira-Filho *et al.*, 2011) e em ilhas costeiras do sul do Brasil (Pascelli *et al.*, 2013).

Esses sistemas, compostos por camadas de rodolitos ou nódulos de algas calcárias não articuladas (Corallinophycidae, Rhodophyta) e seus componentes, também conhecidos como granulados bioclásticos (Dias, 2000), representam uma extraordinária biofábrica de carbonatos no Atlântico Sul Tropical (Miloslavich *et al.*, 2011; Amado-Filho *et al.*, 2012a). O ambiente resultante de seu desenvolvimento

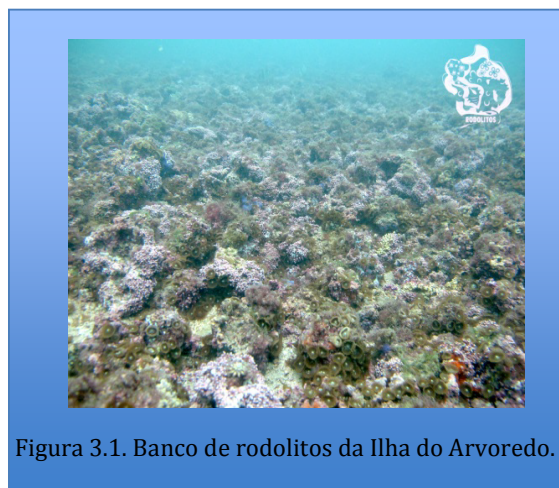
representa substrato, abrigo e indiretamente alimento para uma extraordinária diversidade biológica (Riul *et al.*, 2009), formando um oásis de diversidade em meio a paisagens monótonas do fundo arenoso da plataforma continental.

Os produtos e serviços representados por essa biodiversidade estão sob ameaça, dada a presença cada vez mais frequente e abundante de estressores ambientais relacionados à sua exploração direta, à pesca de arrasto, à explotação de petróleo e à poluição costeira (Wilson *et al.*, 2004, Riul *et al.*, 2008). As alterações no meio físico-químico relacionadas aos impactos negativos dessas atividades levam à redução da atividade fotossintetizante, comprometendo o metabolismo desses organismos e eventualmente levando à morte de rodolitos e epibentos associados.

Figura 3.1. Banco de rodolitos da Ilha do Arvoredo.

Além desses problemas ambientais, relacionados a esses estressores locais, recentemente passaram a ser levados em consideração os impactos dos fatores relacionados às mudanças climáticas globais (MCG) sobre o funcionamento e estrutura desses bancos. O aquecimento e a acidificação dos oceanos, em conjunto com os impactos derivados do aumento da frequência e intensidade das tempestades, representam os principais estressores relacionados às ditas MCGs para esses ambientes. As previsões disponibilizadas pelo IPCC (2007), assim como aquelas desenvolvidas especificamente para o litoral do Atlântico Sul para os próximos 50 ou 100 anos, convergem para cenários de aumento da temperatura, elevação do nível do mar, redução do pH da água, maior influência da corrente do Brasil na região sul, maior frequência e intensidade de eventos extremos representados por tempestades acompanhadas de ventos intensos. Esses fenômenos devem alterar a composição e estrutura da comunidade, assim como o comportamento ecofisiológico das diferentes populações encontradas nesses ambientes importantes.

Muitas hipóteses podem ser apresentadas em relação aos efeitos dos fatores relacionados às mudanças climáticas sobre os bancos de rodolitos em nosso litoral. Tais hipóteses poderão ser exploradas a partir da análise integrada das informações que serão disponibilizadas pelo monitoramento proposto pelo presente protocolo em diferentes regiões do litoral brasileiro. Para que se tenha respostas mais concretas é importante que tenhamos a manutenção de uma malha amostral diversificada, representando de maneira consistente as particularidades ambientais dos bancos de rodolitos ao longo do nosso litoral. Portanto, o protocolo mínimo irá fornecer informações a cerca da composição e estrutura da comunidade, assim como do tamanho e distribuição das formações como um todo.

Dentre as hipóteses que podem nortear os esforços investidos, pode-se considerar que: (i) as alterações da temperatura, sejam aquelas relacionadas ao processo de aquecimento de longo prazo ou mesmo aquelas relacionadas a eventuais ondas de calor, devem elevar as taxas metabólicas e, uma vez combinadas a um maior aporte de substratos de fotossíntese (maior disponibilidade de luz, nutrientes e CO_2), podem desencadear maior produtividade do ambiente tropical, comprometendo a estrutura de ambientes temperados (Wernberg *et al.*, 2011). Adicionalmente, como já é bastante veiculado, (ii) a acidificação deverá levar à redução na calcificação das algas e animais que possuem esqueleto carbonático (Hall-Spencer *et al.*, 2008) tornando esses organismos mais suscetíveis à herbivoria, levando à redução de sua abundância. Ainda, (iii) a ocorrência de tempestades em conjunto com a elevação do nível do mar, apesar de eventualmente elevar a disponibilidade de nutrientes, por conta do *runoff* continental, deverá reduzir a transparência da água devido a maior agitação nas áreas rasas e maior erosão costeira como já observado. Esses processos, em conjunto, poderão levar à redução do desempenho fisiológico não só dos rodolitos (Riul *et al.*, 2008; Figueiredo *et al.*, 2012) como também da comunidade associada, comprometendo processos que dependem da produção de ATP, como a calcificação e produção de biomassa (Scherner *et al.*, 2012a,

2012b), resultando no branqueamento e morte das algas calcárias (Figueiredo *et al.*, 2000; Harvey & Bird, 2008). Dessa forma é plausível supor que esses bancos deverão, a longo prazo, reduzir sua cobertura ao longo do nosso litoral, caso os cenários relacionados às MCGs, assim como a frequência e a severidade de estressores locais sejam mantidos ou até mesmo se intensifiquem.

É importante destacar que as informações geradas experimentalmente nos dias atuais, produzidas em ambiente controlado, seja em campo ou em laboratório (experimentos de meso e microcosmos), são de natureza unifatorial ou, na melhor das hipóteses, levam em consideração dois fatores relacionados às mudanças climáticas. Destaca-se ainda que boa parte dessa informação foi produzida apenas com invertebrados (Wernberg *et al.*, 2012), destacando-se as lacunas no entendimento do comportamento de produtores primários, em especial com algas calcárias. Portanto, apenas o monitoramento a longo prazo poderá nos municiar de informações que irão permitir o entendimento pleno dos efeitos das mudanças climáticas sobre os bancos de rodolitos em nosso litoral.

Ao redor do planeta observa-se a intensificação dos esforços da comunidade científica para que se produzam dados espacial e temporalmente consistentes. Durante a última década (2000-2010) o "Censo da Vida Marinha" desenvolveu um programa (*Natural Geography in Nearshore Areas* – NaGISA) no qual uma proposta de monitoramento de bancos de rodolitos foi iniciada (Steller *et al.*, 2007), tendo seus descritores sido incorporados entre os critérios de avaliação ambiental em diferentes países, como o México (Riosmena-Rodriguez, dados não publicados). Posteriormente, Hall-Spencer *et al.* (2010) apresentou proposta de avaliação de status e monitoramento desses bancos no Atlântico Norte, na OSPAR Commission, que representa o Atlântico Europeu e a zona de influência mediterrânea. Recentemente, o governo da Nova Zelândia classificou os bancos de rodolitos como habitats críticos, reforçando a demanda de gerenciamento em função dos impactos derivados da pesca e das mudanças climáticas a longo prazo (Nelson *et al.*, 2012).

No litoral brasileiro, apesar dos esforços recentes, os bancos rodolitos e suas comunidades associadas são ainda relativamente pouco conhecidos, especialmente no Norte, Nordeste e Sul do Brasil (Riul *et al.*, 2009; Pereira-Filho *et al.*, 2011; Berchez *et al.*, 2009; Amado-Filho *et al.*, 2010; Pascelli *et al.*, 2013). A carência total de informações ou mesmo de informações geradas de forma padronizada, representa uma grande limitação para o estabelecimento de políticas eficientes de conservação e manejo desses ambientes, que ocorrem desde áreas rasas até regiões relativamente profundas de nossa plataforma continental (Henriques *et al.*, 2014). Essas informações devem ser geradas emergencialmente uma vez que o início das atividades relacionadas à explotação do pré-sal (jazidas de petróleo em áreas profundas de nossa plataforma) deve intensificar os prejuízos causados pela poluição costeira, entre outros estressores locais, sobre esses ambientes. Ressalta-se esse estado de emergência em função do reconhecido potencial poluidor das atividades relacionadas à exploração de petróleo (tráfego de embarcações, vazamentos diversos, instalação de plataformas, entre outros), que podem causar impactos severos sobre essas comunidades, levando a alterações nos padrões estruturais ou mesmo a perda de uma biodiversidade que ainda não conhecemos.

Portanto, levando em consideração a necessidade de subsídios para gerenciar esse ambiente costeiro agora e no futuro, considerando a necessidade de mitigação, remediação, ou mesmo de adaptação frente aos impactos das mudanças climáticas globais, o presente protocolo apresenta procedimentos básicos para a caracterização de diferentes aspectos dos bancos de rodolitos do litoral brasileiro tendo em vista seu macrozoneamento, assim como seu monitoramento de longa duração. Essa caracterização padronizada será imprescindível para que se possa ter informações comparáveis que venham a nortear a construção de modelos e planos de gestão desses ambientes. A pretendida caracterização da estrutura da comunidade epibentônica e de diferentes parâmetros dessa comunidade e ambiente relacionado, visam atender à demanda por subsídios para se monitorar especialmente os efeitos da ocorrência de eventos extremos, acidificação e elevação da temperatura dos oceanos e do nível do mar sobre esses ambientes submersos.

Métodos

Os procedimentos metodológicos para a realização da caracterização das comunidades macrobentônicas em questão serão divididos em dois segmentos considerando dois possíveis graus de envolvimento das equipes de diferentes regiões do litoral brasileiro com a proposta. Um primeiro segmento de procedimentos mínimos (procedimentos básicos) deverá ser adotado por todos os grupos que eventualmente contribuam, agora e no futuro, com seu desenvolvimento. O segundo conjunto de procedimentos (procedimentos complementares) será facultativo para aqueles grupos que possuam alguns equipamentos e demais infraestrutura necessária.

Planejamento Amostral

Para a seleção das áreas que serão foco da caracterização e monitoramento deve-se considerar a distância da costa (quanto mais perto, maior a viabilidade de um processo de monitoramento de longa duração), a profundidade de 10 m e a ausência de fontes de poluição na região costeira adjacente. Sempre que possível, essa área deverá ser contemplada em unidade de conservação. Por conta da frequência de ocorrência e da maior riqueza comumente relatada, deverão ser priorizadas áreas a 10 m de profundidade, que estão relativamente próximas da costa em todo o litoral brasileiro. Uma vez submetidas as propostas aos potenciais órgãos reguladores e obtidas as devidas licenças de coleta, deve-se proceder com o planejamento e execução da amostragem, preferencialmente durante os meses de janeiro a março, período reconhecidamente de maior riqueza e biomassa dos bancos de rodolitos. A realização de coletas em períodos adicionais poderia ser considerada como informação complementar.

Os bancos deverão ser demarcados para eventual determinação de sua área (quando seus limites forem conhecidos ou visualmente detectados), assim como para que eventuais processos de dispersão ou deslocamento possam ser monitorados. Estes limites devem ser demarcados com o uso de GPS na superfície e por trados ou âncoras no fundo. Quando possível, esses bancos deverão ser demarcados por boias com avisos aos navegantes para não fundear nessas localidades. Esses limites, quando os bancos estiverem adjacentes ao costão ou formações recifais, deverão estar relacionados a pelo menos três subáreas. Quando se tratar de bancos na plataforma continental deve-se privilegiar a demarcação não só em função da profundidade, mas também em função da direção das correntes majoritárias. Nesses casos pelo menos uma borda deverá ser demarcada. Portanto, nesses casos, deve-se selecionar dois pontos por área para a colocação de trados ou âncoras e consequente demarcação dos limites dos bancos que deverão estar perpendiculares ao sentido de deslocamento dessas correntes.

Após o posicionamento das bordas dos bancos, três subáreas deverão ser instaladas em cada estação de profundidade específica, que deverão estar afastadas da borda do banco em pelo menos 25 m. Essas subáreas serão construídas de metal galvanizado delimitando áreas de 20 m^2 (4x5m). Cada subárea deverá ser permanentemente demarcada no fundo utilizando-se poitas, trados ou âncoras. Essas subáreas deverão ser delimitadas durante as amostragens por cabos subdivididos conforme o tamanho do elemento amostral em questão (25 cm de lado). Esses cabos devem ser instalados com a utilização de mosquetões de alumínio para agilizar o procedimento durante o mergulho. Deve-se buscar a produção de um *kit* ou conjunto com dois cabos-guia com mosquetões fixos às extremidades para que sejam presos às hastes que delimitam a subárea em sua menor distância (4 m). Os cabos dos transectos devem apresentar cores diferentes, devem ser negativos ou lastreados, com demarcação nítida, utilizando chumbos e/ou fitas coloridas, na posição dos respectivos fotoquadrados. Recomenda-se também a utilização de mosquetões de cores diferentes para se fixar o posicionamento do transecto em relação à orientação das áreas em campo. Quando possível, é recomendável a demarcação dessas áreas por boias com aviso aos navegantes para que evitem o fundeio nessas subáreas (Figura 3-2).

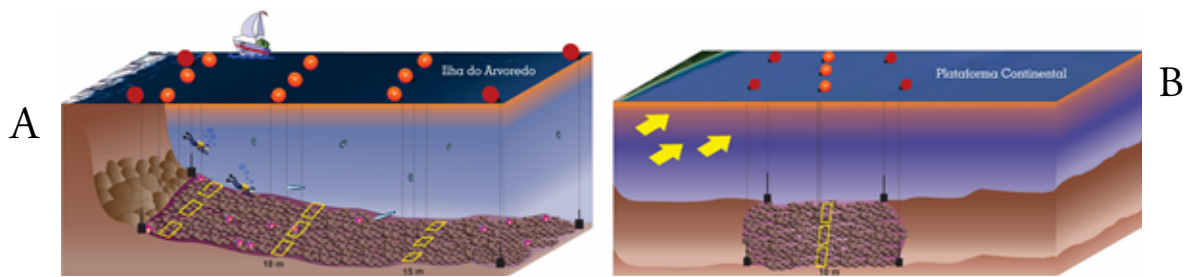



Figura 3-2. Imagem em perspectiva para exemplificar espacialmente os trabalhos que serão realizados nos bancos de rodolitos em ilhas, como na Ilha do Arvoredo (a) ou na plataforma continental (b). Destaca-se em amarelo as subáreas que serão utilizadas na caracterização de cada uma das profundidades especialmente os 10 m, assim como as boias de superfície utilizadas na sua identificação (laranjas) e na demarcação dos limites do banco (vermelhas).

A cada campanha, os limites do banco em relação à posição inicial devem ser monitorados, utilizando uma trena para mensurar perpendicularmente a distância da borda e a marcação de fundo (trados ou âncoras) para mais ou para menos, ou seja, limites relativos à expansão ou retração das respectivas bordas.

Estrutura da Comunidade

Para caracterizar a estrutura da comunidade serão feitos cinco fotoquadrados de 25 x 25 cm em cada um dos transectos de cinco metros conforme ilustrado abaixo. Serão feitos três transectos fixos sorteados conforme o eixo cartesiano resultante das coordenadas relativas à subdivisão da abscissa e ordenada conforme o tamanho do elemento amostral em cada uma das subáreas (Figura 3-3). Esses pontos aleatórios serão previamente sorteados e não mais alterados, por subárea amostral. Os fotoquadrados serão igualmente predefinidos e posicionados nos respectivos transectos sendo analisados em laboratório através do software CPCe. É recomendável que a câmera a ser utilizada seja *Full HD* para que a qualidade da análise seja a melhor possível sempre.

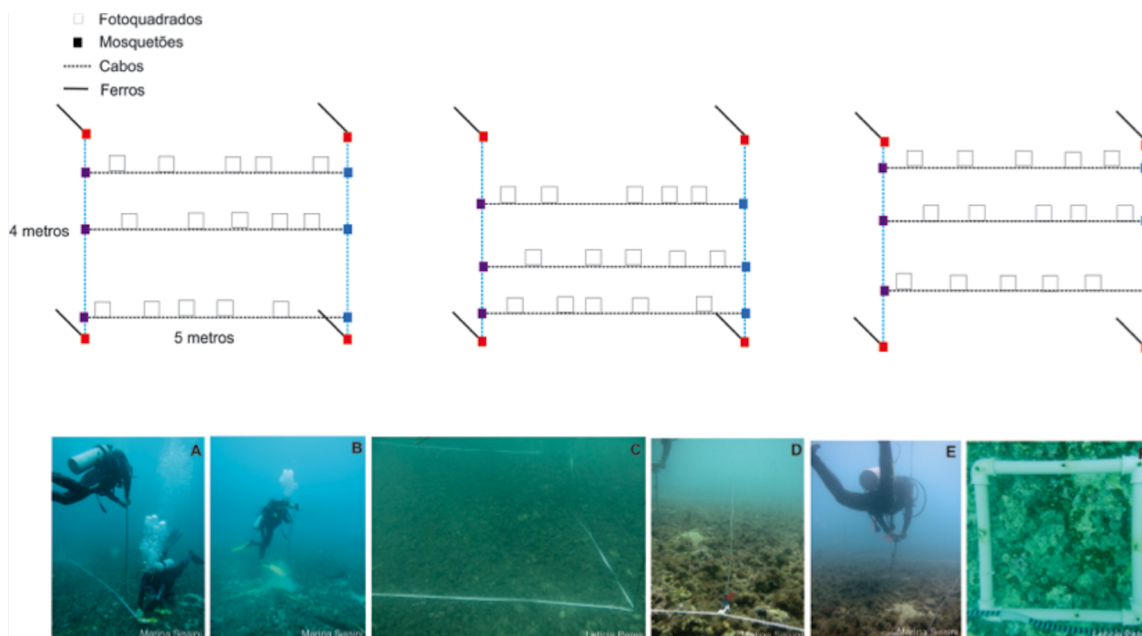



Figura 3-3. Distribuição esquemática e ilustração do processo de demarcação das subáreas e posicionamentos dos transectos. Os esquemas acima representam os posicionamentos das três subáreas; (A) instalação de trado de ferro galvanizado para a demarcação das subáreas, nota-se que neste caso o mergulhador está girando a haste de ferro galvanizado como um parafuso; (B) instalação de estaca de ferro galvanizado com a utilização de marreta; (C) delimitação das subáreas cuidando para que estas representem ambientes relativamente homogêneos; (D) transecto posicionado com o auxilio de mosquetões; (E) mergulhador realizando a caracterização da cobertura relativa; (F) detalhe da imagem que será posteriormente analisada.

Para a caracterização das espécies constituintes do banco de rodolitos e epibiontes associados deverá ser feita uma análise qualitativa através de busca sistemática ao longo de todo o percurso compreendido pelos respectivos transectos, evitando-se as áreas compreendidas pelos pontos fixos dos fotoquadrados. Serão coletados três espécimes de cada tipo morfológico, ou seja, três espécimes que possivelmente se referem a mesma entidade ou unidade taxonômica, na menor categoria possível (espécie ou gênero), nas respectivas subáreas amostrais. Esses representantes, que serão utilizados na identificação taxonômica da biota, deverão ser em parte fixados em formol, para análises morfoanatômicas, e em parte fixados em álcool 100% ou superior a 98%, para análises moleculares. Esse material quando necessário deverá ser encaminhado para especialistas. Essa abordagem se faz necessária, pois a identificação das algas calcárias demanda um procedimento laborioso com técnicas e equipamentos que não estão disponíveis em todas as instituições envolvidas.

Para se estimar o volume e biomassa (carbono, inclusive) das espécies de rodolitos e epibiota associada, serão utilizados quatro *corers* de 20 x 20 cm posicionados aleatoriamente em cada uma das subáreas amostrais, evitando-se os transectos fixos considerados no monitoramento. Em campo, essas amostras deverão ser acondicionadas em caixas térmicas, resfriadas com a utilização de gel congelado ou gelo seco. Em laboratório esse material deve ser mantido congelado a -20ºC até sua triagem. Após descongelado, o material deve ser triado sob lupa, sendo os rodolitos separados da epibiota. Para a estimativa do volume dos rodolitos já limpos, de cada tipo morfológico (possível unidade taxonômica: espécie ou gênero), serão mergulhados individualmente em provetas de diferentes diâmetros, em função do tamanho dos rodolitos, aferindo-se o volume de líquido deslocado. Para análise de biomassa será aferido o peso úmido, após a análise de volume, e seco em estufa a 50ºC por pelo menos 48 horas, por espécie ou unidade de rodolito.

Para a análise do grau de calcificação, amostras das espécies dominantes dos rodolitose da flora associada ao esqueleto calcário, serão secas a 50°C durante 48 horas ou até peso constante. Nesse procedimento é importante utilizar fragmento da ordem de um grama em balanças de pelo menos quatro casas decimais. Após a pesagem, estes fragmentos devem ser mergulhados em HCl 1 N por 48 horas ou até que a descalcificação do fragmento seja total. Nessa etapa é importante que se utilizem *beckers* mais altos que largos em relação ao tamanho do fragmento utilizado (muitas vezes de 25 a 50 mL são suficientes), uma vez que assim o fragmento ficará completamente imerso no ácido. É importante lembrar que a descalcificação estará terminada quando não mais se observar a formação de bolhas saindo do material. É necessário que nesse caso o material seja observado com lupa. Após a descalcificação, o líquido deverá ser descartado e o material imerso em água destilada rapidamente descartada. Após essa lavagem o material deverá ser transferido, com o auxílio de uma espátula com colher (15 cm), para um recipiente limpo com peso previamente definido (placa de petri ou vidro de relógio). Esse conjunto será novamente colocado em estufa a 50ºC por 48 horas ou até peso constante. O percentual de calcificação de pelo menos três espécimes de cada espécie, ou de cada tipo morfológico, será obtido pela diferença de peso seco após a completa descalcificação descrita anteriormente.

Para a aquisição de dados da cobertura percentual do epibentos, como mencionado anteriormente, será utilizado o programa CPCe 4.0 (*Coral Point Count with Excel extensions*; Kohler & Gill, 2006). Serão aleatorizados 50 pontos em cada elemento amostral (fotoquadrado) e cada táxon de algas, invertebrados e sedimento sob os pontos serão identificados (Figura 3-4). O banco de dados montado para o programa deverá levar em consideração cerca de 16 grandes grupos (Tabela 3-1). Sete para organismos zoobentônicos agrupando-os em suas respectivas classes; e seis para macroalgas, baseadas na classificação morfofuncional sugerida por Littler *et al.* (1983), diferenciada pela classe *Turf* que irá agrupar algas densamente emaranhadas formando uma estrutura que se assemelha a um tapete. Destaca-se também como grupo Rodolito Branqueado aqueles rodolitos com estado fisiológico derivado de perturbação ambiental representada pelo soterramento, aquecimento da água, exposição a poluente, entre outros. Os demais grandes grupos considerados irão se referir a pontos aleatórios sobre áreas de sombra que possam tornar a identificação duvidosa, como areia, cascalho, conchas mortas ou organismos/objetos desconhecidos.

Tabela 3-1: Exemplo dos grupos/espécies contempladas em cada tipo morfológico ou grupo morfofuncional.

Grupos Morfofuncionais	**Grupos / Espécies**		
PORIFERA	Esponja		
HYDROZOA	Hydrozoa sp1	Outro hidrozoa	
CRUSTACEA E CIRREPEDIA	Craca	Outros	
ANTHOZOA	Anemona	Palythoa	Octocoral
	Gorgonia	Protopalythoa	Outros
ASCIDIA	Ascidia branca	Outra ascidia	
BRYOZOA	Bryozoa sp1	Bryozoa sp2	Outros bryozoa
ECHINODERMATA	Estrela laranja	Ouriço branco	Ouriço preto
MACROALGAS CORIACEAS	*Bryoyhamnion seatiforti*	*Lobophora variegata*	*Padina gymnospora*
	Dichotomaria marginata	Outra macroalga coriacea	*Sonderophucus capensis*
	Sargassum sp.	*Sargassum furcatum*	*Spatoglossum shroederi*
MACROALGAS CORTICADAS	*Chondria curvilineata*	Gelidiales	*Halimenia* sp.
	Plocamium brasiliensis	*Gelidium floridano*	*Hypnea* sp.
	Codium spp	*Gloiocladia iyoensis*	*Hypnea* spinella
	Hypnea volubilis	*Chondracanthus* sp.	*Rhodymenia* sp.
	Laurencia sp	*Asteronemia peltata*	*Rosevingea intricata*
MACROALGAS FOLIACEAS	*Dictyota humifusa*	*Canistrocarpus cervicornis*	*Dictyota* sp
MACROALGAS FILAMENTOSAS	*Asparagopsis taxiformis*	*Ceramiales*	*Cladophora*
	Bryopsis sp.	*Champia* sp.	*Ernodesmis verticilata*
MACROALGAS CALCARIAS ARTI-CULADAS	*Amphiroa beauvoisii*	*Galaxaura*	*Jania adhaerens*
	Athrocardia	*Jania cubensis*	*Jania* sp
MACROALGAS CROSTOSAS	Calcárias não articuladas	*Colpomenia sinuosa*	*Mesophyllum* sp.
	Codium intertextum	*Lithophyllum* sp.	Microalgas epilíticas
	Peyssonelia sp.		
RODOLITOS	*Lithothamnion sp.*	*Mesophyllum* sp.	Mastophoroideae
	Lithophyllum sp.	*Sporolithon* sp.	
RODOLITOS BRANQUEADO	Hapalidiaceae	Sporolithaceae	Corallinaceae
	Corallinales	Sporolitales	Corallinophycidae
TURF	Turf filamentoso	Turf calcário	

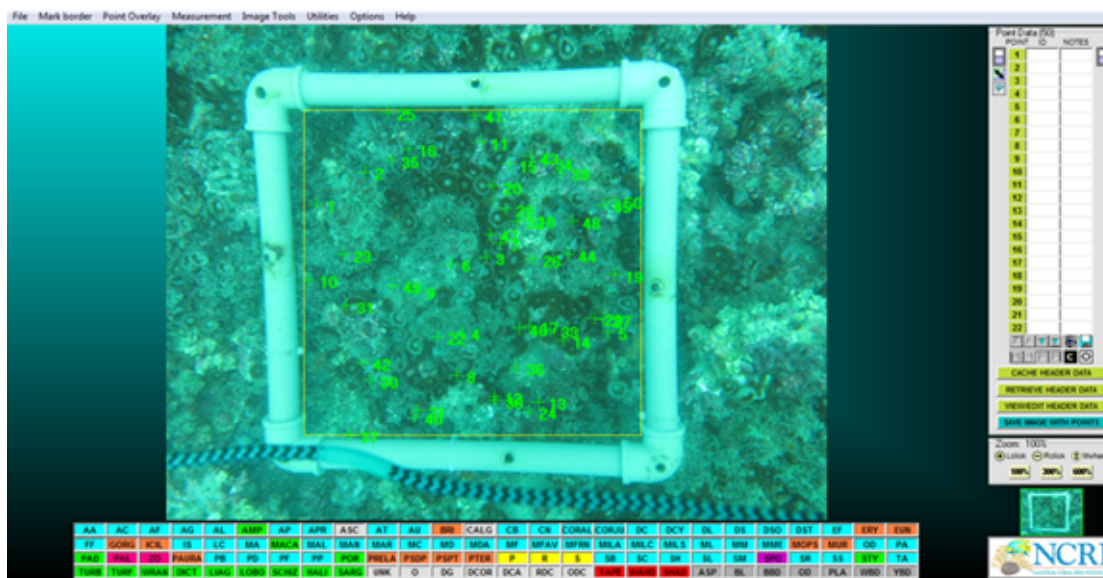



Figura 3.4. Imagem capturada de uma amostra sendo processada no CPCe. Destaca-se os 50 pontos sorteados, assim como a lista de espécie destacada abaixo. Ressalta-se ainda que cada padrão de cor refere-se a um grupo operacional específico

Procedimentos Complementares

- Monitoramento da temperatura e transparência da água: em cada subárea deverá ser instalado um *data logger* (Tidbits). Estes deverão permanecer pelo menos 15 dias antecessores às coletas, ou caso possível, para todo o período de verão. Nesses casos, deve-se programar visitas periódicas à área para que seja realizada a manutenção do sensor de luz para evitar o crescimento de perifíton, conforme recomendação do fabricante;

- Análise do efeito da profundidade: quando possível, a caracterização de uma ou duas profundidades adicionais, mais rasa ou mais profundas (de 5, 15 e 20 m), poderá ser realizada repetindo-se os procedimentos descritos nos itens iniciais;

- Volume e biomassa: além das análises descritas acima, as amostras das algas e dos sedimentos associados, então coletados na superfície (*corers* de 20 x 20 cm), terão sua composição de carbono qualitativa e quantitativamente descrita de modo mais detalhado. Nesse caso, após a coleta, as amostras de algas, tanto os rodolitos quanto as algas associadas, e sedimentos superficiais serão transportados sob refrigeração (gelo em *cooler*) até os respectivos laboratórios onde serão triadas, identificadas e aferidos os respectivos pesos úmido (para cálculo da densidade do sedimento) e seco. Caso não seja feita a análise logo após a coleta, o material deverá ser armazenado em freezer (-20º C). Para o peso seco, as espécies de algas deverão ser secas a 50º C até peso constante. Para a análise do Carbono Orgânico Total (TOC- Elementar), alíquotas de cada espécie deverão ser mecanicamente trituradas até serem reduzidas a pó. Essas alíquotas deverão ser separadas em cápsulas de estanho. Nas instituições que dispuserem de TOC, essas deverão seguir para a análise. Aquelas instituições que não dispuserem do equipamento deverão enviar as amostras para o Laboratório de Ficologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Antes da análise em TOC, as alíquotas passarão por descarbonatação com ataque ácido;

- Espessura do banco: deve-se ainda caracterizar a espessura do banco (altura dossel), da superfície do depósito de rodolitos até a camada subsequente de sedimentos em pelo menos três pontos de cada subárea. Para tanto, ao se retirar os *corers*, utilizados na coleta para avaliação de volume e biomassa, essa espessura será avaliada com a determinação da espessura compreendida entre o limite da camada de sedimento e de rodolitos até a superfície com a utilização da trena;

- Sedimento da subsuperfície: para a análise da composição granulométrica e do teor de carbono orgânico e inorgânico na biomassa viva e sedimento depositado (TOC e carbonatos), em cada subárea serão coletados aleatoriamente três testemunhos cilíndricos de 6,55 x 15 cm (amostrador AMS). O cilindro deverá penetrar 1 m no sedimento. As amostras serão retiradas, de cada *corer* nos seguintes intervalos: 0-15, 15-30, 30-50 e 50-100 cm, da porção central da coluna de sedimento. A partir da análise do volume de sedimento coletado será avaliada a densidade do sedimento, estimando-se as abundâncias de carbono considerando suas formas orgânicas e inorgânicas. Os procedimentos relativos à quantificação de carbono seguirão o descrito anteriormente;
- Filmagem: cada uma das subáreas amostrais deve ser fotografada e filmada por dois minutos considerando seus aspectos gerais. Para essas filmagens considerar sempre o mesmo ângulo de observação partindo do lado direito, mais raso. Essas filmagens têm como propósito futuras comparações, análises da abundância de peixes e divulgação dos resultados;
- Ecofisiologia da fotossíntese: para aferir o estado fisiológico dos rodolitos, serão obtidos dados de 10 curvas rápidas de luz por quadrado amostrado. As medidas serão realizadas com um fluorímetro submersível DIVING-PAM, diretamente em cada local de amostragem. Serão analisadas as variações temporais de rendimento quântico efetivo das algas, bem como as relações de dissipação térmica (Y(NO) e Y(NPQ)) (Klughammer & Schreiber, 2008; Schreiber *et al*., 1994);

Outros parâmetros que devem ser caracterizados:

- Na lateral esquerda mais rasa ou adjacente à costa de cada uma das três subáreas amostrais, deverá ser instalado um coletor de sedimento que deverá permanecer na área por 30 dias. Esse será posicionado perpendicular à superfície do substrato, com sua abertura a 50 cm acima do fundo;
- Na lateral direita mais profunda será monitorada a dinâmica do sedimento, avaliando a variação da altura do fundo em relação ao ápice desse trado com a utilização de uma trena. Para se evitar flutuação dos valores em relação à posição das *ripple marks*, será utilizado um substrato plano paralelo ao substrato para se determinar o nível dessa superfície.

Tratamento e Análise dos Dados

Deve-se buscar parcerias com as instituições nacionais ou locais responsáveis pelo monitoramento das variáveis climáticas, sendo recomendável a compilação periódica dos dados de direção e velocidade dos ventos, horas de insolação, nebulosidade, pluviosidade e temperatura do ar. Os dados relacionados às características da água, como temperatura da superfície do mar (TSM) e turbidez, poderão ser obtidos com consultas às bases do NOAA (*The National Oceanic and Atmospheric Administration*). Esses dados estão disponíveis gratuitamente no site do NOAA (http://www.ncdc.noaa.gov). Portanto, para a análise de dados de TSM deve-se utilizar o conjunto de dados globais do ERSST - NOAA, dados de resolução 2° x 2° estão disponíveis desde 1950, segundo suas médias mensais, por exemplo (Smith & Reynolds, 2004).

Para visualizar eventuais padrões temporais na estrutura da comunidade recomenda-se a utilização de abordagens multivariadas para todos os descritores relacionados com a estrutura, especialmente para abundância da biota. Para cada escala de ordenação serão empregadas análises espaciais multidimensionais não métricas (nMDS), através da dissimilaridade *Bray-Curtis* calculada a partir de dados não processados, através do PRIMER 6.0. (Clarke & Warwick, 2001). A análise de variância permutacional (PERMANOVA; Anderson, 2001) será aplicada para examinar a variação espacial e temporal das assembleias em todas as localizações. As análises serão baseadas na dissimilaridade de Bray-Curtis, no qual cada termo será testa-

do utilizando-se 999 permutações aleatórias (Anderson, 2001). Para os demais descritores deve-se buscar análises pertinentes considerando as particularidades de cada informação.

Após a obtenção dos dados ambientais, será realizada a *Maximum Entropy Modelling* usando o software MAXENT (Phillips *et al.*, 2006; Phillips & Dudik, 2008) para relacionar os conjuntos de dados bióticos e ambientais. Adicionalmente, serão usados dois métodos alternativos: Modelos Lineares Generalizados (GLMs, em inglês) e Modelos Aditivos Generalizados (GAMs, em inglês) usando o pacote R BIOMOD (McCullagh & Nelder, 1989; Thuiller, 2003; Thuiller, 2009). Esses métodos fornecem formas menos restritivas que as regressões múltiplas clássicas, permitindo uma resposta não habitual das variáveis. Usando esse software, ausências pseudoaleatórias serão geradas ao longo da área de estudo.

O desempenho do modelo será testado utilizando a Área Sob a Curva (AUC, em inglês) do *Receiver Operating Characteristic* (ROC) plot (Fielding & Bell, 1997; Swets, 1988) para todo o conjunto de dados, além dos diferentes conjuntos de dados obtidos usando a validação interna (fraccionamento de dados) (Guisan & Zimmermann, 2000; Fielding & Bell, 1997). Será aplicada 70-30% de particionamento e computadas 10 interações usando MAXENT. Os modelos de Presenças Verdadeiras Relativas ou Sensitividade, Ausências Verdadeiras Relativas ou Especificidade serão inspecionados usando as MAXENT output plots.

Considerações Finais

A cada cinco anos, o grupo deverá se reunir para atualização do macrozoneamento, análise e discussão dos dados, gerando-se pelo menos este produto-periódico desta iniciativa. Serão valorizadas iniciativas pontuais que venham a gerar produtos ao longo do período, sendo que tais propostas deverão ser apresentadas ao grupo para que tenhamos atuação em rede.

Divulgação Científica

Com a finalidade de transmitir o conhecimento produzido pela GT Rodolitos da ReBentos, foi criado um blog (http://rodolitos.wordpress.com) onde serão divulgados textos explicativos e imagens obtidas durantes as campanhas de amostragem bem como notícias sobre o andamento do projeto.

AUTORES

Paulo A. Horta – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
(autor para correspondência: pahorta@hotmail.com)

Alessandra L. D. O. Fonseca – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Andre S. Rovai – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Fernando Scherner – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Flávio A. S. Berchez – Universidade de São Paulo – USP

Jason Hall-Spencer – Plymouth University, Reino Unido

João M. S. Silva – Centro de Ciências do Mar, Portugal

João Rosa – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

José Bonomi Barufi – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

José Marcos de C. Nunes – Universidade Federal da Bahia – UFBA

Leidson Allan de Lucena – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Leonardo Rorig – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Letícia M. C. Peres – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Márcia Figueiredo – Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro
Marina N. Sissini – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Pablo Riul – Universidade Federal da Paraíba – UFPB
Paulo R. Pagliosa – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Rafael Riosmena-Rodriguez – Universidad Autónoma de Baja Califórnia – UABC, México
Sonia M. B. Pereira – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Tito M. C. Lotufo – Universidade de São Paulo – USP
Vanessa Borges – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Vanessa Freire – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Referências

Amado-Filho, G.M.; Moura, R.L.; Bastos, A.C.; Salgado, L.T.; Sumida, P.Y.; Guth, A.Z.; Francini-Filho, R.B.; Pereira-Filho, G.H.; Abrantes, D.P.; Brasileiro, P.S.; Bahia, R.G.; Leal, R.N.; Kaufman, L.; Kleypas, J.A.; Farina, M.; Thompson, F.L. 2012a. "Rhodolith beds are major CaCO3 bio-factories in the Tropical South West Atlantic". *PLoS ONE*, 7: e35171.

Amado-Filho, G.M.; Pereira-Filho, G.H.; Bahia, R.G.; Abrantes, D.P.; Veras, P.C.; Matheus, Z. 2012b. "Occurence and distribution of rhodolith beds on the Fernando de Noronha Archipelago of Brazil". *Aquatic Botany*, 101: 41-45.

Amado-Filho, G.M.; Maneveldt, G.W.; Pereira-Filho, G.H., Manso, R.C.C., Bahia, R.G., Barros-Barreto, M.B.; Guimarães, S.M.P.B. 2010. "Seaweed diversity associated with a Brazilian tropical rhodolith bed". *Ciencias Marinas*, 36: 371–391.

Anderson, M.J. 2001. "A new method for non-parametric multivariate analysis of variance". *Austral Ecology*, 26: 32–46.

Bahia, R.G.; Abrantes, D.P.; Brasileiro, P.S.; Pereira-Filho, G.H.; Amado-Filho, G.M. 2010. "Rhodolith bed structure along a depth gradient on the Northern coast of Bahia state, Brazil". *Brazilian Journal of Oceanography*, 58(4): 323–337.

Berchez, F.A.S.; Tiago, C.G.; Rosso, S.; Dias, G.; Oliveira, E.C. 2009. "Structure of a coralline algal bed on southeast Brazil". *Brazilian Journal of Ecology*, 13: 49–57.

Clarke, K.R.; Warwick, R.M. 2001. "A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness". *Marine Ecology Progress Series*, 216: 265–278.

Dias, G.T.M. 2000. "Granulados bioclásticos – Algas calcárias". *Revista Brasileira de Geofísica*, 18 (3): 307–318.

Fielding, A.H.; Bell, J. F. 1997. "A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models". *Environmental Conservation*, 24: 38–49.

Figueiredo, M.A.O.; Coutinho, R.; Villas-Boas, A.B.; Tâmega, F.T.S.; Mariath, R. 2012. "Deep-water rhodolith productivity and growth in the southwestern Atlantic". *Journal of Applied Phycology*, 24 (3): 487-493.

Figueiredo, M.A.O.; Kain, J.M.; Norton, T.A. 2000. "Responses of crustose corallines to epiphyte and canopy cover". *Journal of Phycology*, 36: 17-24.

Foster, M.S. 2001. "Rhodoliths: between rocks and soft places". *Journal of Phycology*, 37: 659–667.

Fraschetti, S., Terlizzi, A.; Benedetti-Cecchi, L. 2005. "Patterns of distribution of marine assemblages from rocky shores: evidence of relevant scales of variation". *Marine Ecology Progress Series*, 296: 13–29.

Guisam, A.; Zimmermann, N.E. 2000. "Predictive habitat distribution models in ecology". *Ecological Modelling*, 135: 147–186.

Hall-Spencer, J.M.; Rodolfo-Metalpa, R.; Martin, S.; Ransome, E.; Fine, M.; Turner, S.M.; Rowley, S.J.; Tedesco, D.; Buaia, M.C. 2008. "Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification". *Nature,* 454: 96–99.

Hall-Spencer, J.; Kelly, J.; Maggs, C.A. 2010. *Background document for Maërl beds OSPAR Commission*. Publication Number: 491/2010. p. 34.

Harvey, A.S.; Bird, F.L. 2008. "Community structure of a rhodolith bed from cold-temperate waters (southern Australia)". *Australian Journal of Botany*, 56: 437–450.

Henriques, M.C.; Riosmena-Rodríguez, R.; Coutinho, L.M.; Figueiredo, M.A.O. (2014). "Lithophylloideae and Mastophoroideae (Corallinales, Rhodophyta) from the Brazilian continental shelf". *Phytotaxa*, 190(1): 112–129.

IPCC, 2007: "Summary for Policymakers". In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

Klughammer, C.; Schreiber, U. 2008. "Complementary PS II quantum yields calculated from simple fluorescence parameters measured by PAM fluorometry and the Saturation Pulse method". *PAM Application Notes*, 1: 27–35.

Kohler, K.E.; Gill S.M. 2006. "Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology". *Computers and Geosciences*, 32: 1259–1269.

Littler, M.M.; Littler, D.S.; Taylor, P.R. 1983. "Evolutionary startegies in a tropical barrier reef system: functional-form groups of marine macroalgae". *Journal of Phycology*, 19: 229-237.

McCullagh, P.; Nelder, J. A. 1989. *Generalized linear models*. 2nd Ed. London: Chapman & Hall.

Miloslavich P.; Klein E.; Díaz J.M.; Hernández C.E.; Bigatti G.; Campos, L.; Artigas, F.; Castillo, J.; Penchaszadeh, P.E.; Neil, P.E.; Carranza, A.; Retana, M.V.; Astarloa, J.M.D.; Lewis, M.; Yorio, P.; Piriz, M.L.; Rodríguez, D.; Yoneshigue-Valentin, Y.; Gamboa, L.; Mantin, A. 2011. "Marine biodiversity in the Atlantic and Pacific Coasts of South America: knowledge and gaps". *PLoS ONE*, 6: 1–43.

Milliman, J.D.; Amaral, C.A.B. 1974. "Economic potential of Brazilian continental margin sediments". *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 28: 335–334.

Nelson, W.A.; Neill, K.; Farr, T.; Barr, N.; D'Archino, R.; Miller, S.; Stewart, R. 2012. "Rhodolith Beds in Northern New Zealand: Characterisation of Associated Biodiversity and Vulnerability to Environmental Stressors". *New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report* No. 99. 102 p.

Pascelli, C.; Riul, P.; Riosmena-Rodriguez, R.; Scherner, F.; Nunes, M. Hall-Spencer, J.M.; Oliveria, E.C.; Horta, P.A. 2013. "Seasonal and depth-driven changes in rhodolith bed structure and associated macroalgae off Arvoredo island (southeastern Brazil)". *Aquatic Botany*, 111:62-65.

Pereira-Filho, G.H.; Amado-Filho, G.M.; Guimarães, S.M.P.B.; Moura, R.L.; Sumida, P.Y.G.; Abrantes, D.P.; Bahia, R.G.; Güth, A.Z.; Jorge, R.R.; Francini-Filho, R.R. 2011. "Reef fish and benthic assemblages of the Trindade and Martin Vaz Island group, southwestern Atlantic". *Brazilian Journal of Oceanography*, 59(3): 201–212.

Phillips, S.J.; Anderson, R.P.; Schapire, R.E. 2006. "Maximum entropy modeling of species geographic distributions". *Ecological Modelling*, 25: 231–259.

Phillips, S.J.; Dudik, M. 2008. "Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation". *Ecography*, 31: 61–175.

Riul, P.; Lacouth, P.; Pagliosa, P.R.; Christoffersen, M.L.; Horta, P.A. 2009. "Rhodolith beds at the easternmost extreme of South America: Community structure of an endangered environment". *Aquatic Botany*, 90: 315–320.

Riul, P.; Targino, C.H.; Farias, J.N.; Visscher, P.T.; Horta, P.A. 2008. "Decrease in Lithothamnion sp. (Rhodophyta) primary production due to the deposition of a thin sediment layer". *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88: 17–19.

Scherner, F.; Barufi, J.B.; Horta, P.A. 2012. "Photosynthetic response of two seaweeds species along an urban pollution gradient: Evidence of selection of pollution-tolerant species". *Marine Pollution Bulletin*, 64: 2380-2390.

Scherner, F.; Ventura, R.; Barufi, J.B.; Horta, P.A. 2013. "Salinity critical threshold values for photosynthesis of two cosmopolitan seaweed species: providing baselines for potential shifts on seaweeds assemblages". *Marine Environmental Research*, 91: 14-25.

Schreiber, U.; Bigler, W.; Neubauer, C. 1994. "Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis." In: Schulze, E.D., Caldwell, M.M. (Eds.), *Ecophysiology of Photosynthesis*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, pp. 49–70.

Smith, T.M.; Reymolds, R.W. 2004. "Improved extended reconstruction of SST (1854-1997)". *Journal of Climate*, 17: 2466–247.

Steller, D.L.; Riosmena-Rodríguez, R.; Foster, M.S. 2007. "Sampling and monitoring rhodolith beds: rhodolith distribution and taxonomy, biodiversity and long-term sampling". In: *Sampling biodiversity in coastal communities: NaGISA protocols for seagrass and macroalgal habitats*. NUS Press, p. 145.

Swets, K.A. 1988. "Measuring the accuracy of diagnostic systems". *Science*, 240: 1285–1293.

Thuiller, W. 2003. "BIOMOD: optimizing predictions of species distributions and projecting potential future shifts under global change". *Global Change Biology*, 9: 1353–1362.

Thuiller, W. 2009. "BIOMOD: a platform for ensemble forecasting of species distributions". *Ecography*, 32: 369–373.

Wernberg, T., Russell, B.; Moore, P.; Ling, S.; Smale, D.; Campbell, A.; Coleman, M.; Steinberg, P.; Kendrick--Connel, S. 2011. "Impacts of climate change in a global hotspot for temperature marine Biodiversity and ocean warming". J*ournal Experimental Marine Biology and Ecology*, 400: 7–16.

Wernberg T.; Smale, D.; Thomsen, M. 2012. "A decade of climate change experiments on marine organisms: procedures, patterns and problems". *Global Change Biology*, 18: 1491–1498.

Wilson, S.; Blake, C.; Berges, J.A.; Maggs, C.A. 2004. "Environmental tolerances of free-living coralline algae (maerl): implications for European marine conservation". *Biological Conservation*, 120: 283–293.

Capítulo 4

MONITORAMENTO DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL: ESTRUTURA E CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

Yara Schaeffer-Novelli, Claudia Câmara do Vale, Gilberto Cintrón

Foto: Claudia C. Vale

Introdução

O aquecimento global tem gerado uma das maiores polêmicas da ciência, pois a complexidade do assunto é reforçada pelas implicações sociais, econômicas e políticas decorrentes das mudanças climáticas que podem afetar toda a humanidade. A modificação da composição da atmosfera, provocada pela emissão dos gases do efeito estufa, principalmente pela ação do homem e seu possível efeito no aquecimento global, seguida das consequências climáticas desse fato, ganhou relevância na década de 1970, levando à criação, em 1988, do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC – sigla em inglês) pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, órgão da Organização das Nações Unidas), em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), congregando um grupo interdisciplinar, com participação aberta para todos os países membros da OMM e do PNUMA.

Ao longo da história geológica da Terra ocorreram vários ciclos glaciais. Apesar disso, a compreensão de que o clima não é constante, data da década de 1840, a partir de evidências cuja veracidade é indiscutível. Embora o registro instrumental tenha começado há aproximadamente 150 anos, indicadores indiretos (*proxy*) de anéis de crescimento das árvores, pólen em sedimentos de pântanos e lagos, registros de parâmetros físicos e químicos em testemunhos de gelo, e foraminíferos oceânicos em sedimentos, fornecem ricas evidências paleoclimáticas (Barry & Chorley, 2013).

Na década de 1970 as preocupações estavam voltadas para um novo período glacial e, consequentemente, para um resfriamento global, com base tanto na duração do Último Máximo Glacial (UMG), de aproximadamente 10.000 anos, na quantidade de aerossóis na atmosfera e na diminuição da radiação solar incidente, como no aumento da extensão da cobertura de neve no Hemisfério Norte. Paradoxalmente, nessa mesma década, iniciam-se as inquietações sobre o aumento do dióxido de carbono na atmosfera e o aquecimento provocado pelo efeito estufa (Cuadrat & Pita, 2004).

Para Barry & Chorley (2013), mesmo que os sinais do clima sejam reais, é impossível atribuí-los a causas únicas, em função da complexidade do sistema climático que se caracteriza pela interação entre os vários componentes, bem como aos eventos de diferentes escalas espaço-temporais. A Figura 4-1 apresenta, de forma simplificada, as diversas interações entre os elementos do clima e as relações do sistema Terra-atmosfera.

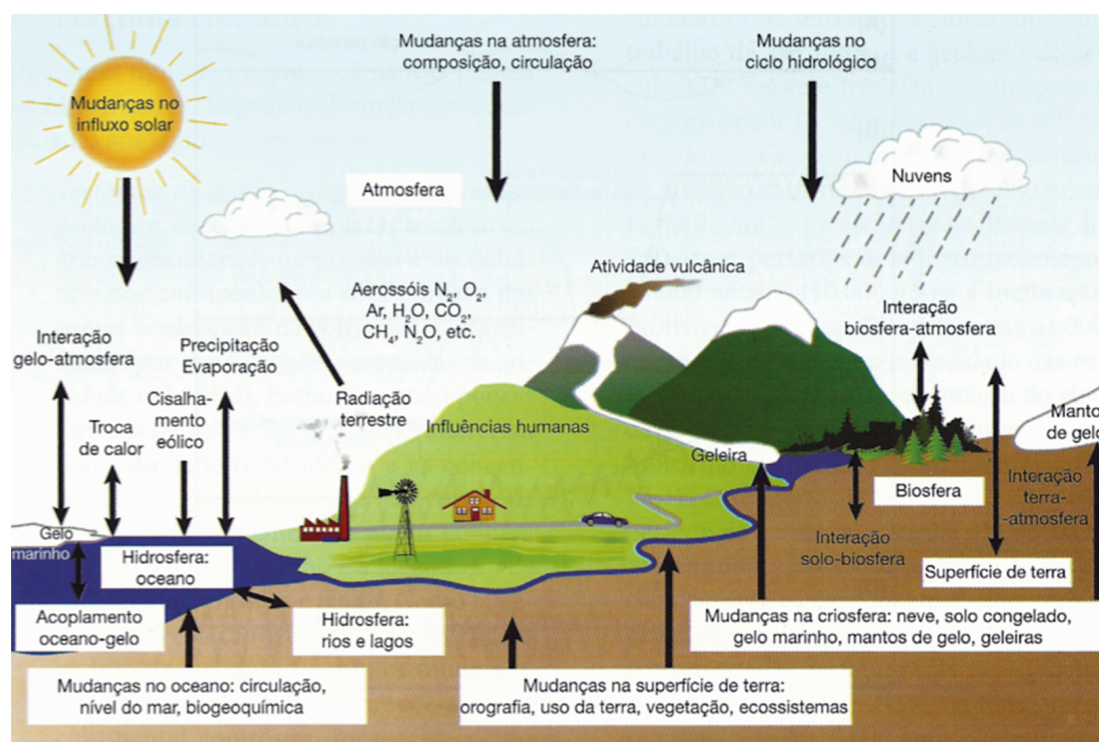



Figura 4-1. Esquema de processos que causam variabilidade e mudanças no sistema climático. Fonte: Barry & Choerley (2013 *apud* Alley *et al.*, 2007).

As escalas do clima não devem ser compreendidas apenas como as dimensões espaciais e temporais nas quais os elementos climáticos se manifestam, mas como processos dinâmicos dotados de todas as forças terrestres, atmosféricas e cósmicas que exercem ou provocam quaisquer tipos de interferência no sistema climático, incluídas também as intervenções antrópicas e sócioespaciais (Amorim & Sant'Anna Neto, 2013).

Para o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, a variabilidade climática refere-se às flutuações no estado médio e outras estatísticas de elementos climáticos em todas as escalas espaciais e temporais, além das de eventos climáticos individuais. Tais variações podem, ainda, ser associadas a processos internos naturais do sistema climático ou a variações nas forçantes naturais ou antropogênicas. Enquanto por mudanças climáticas, o IPCC considera como *uma variação estatisticamente significativa no estado médio do clima ou em sua variabilidade, que persiste por um período prolongado, geralmente de décadas ou período maior*. Tais mudanças podem ser atribuídas a processos internos naturais, forçantes externas naturais ou mudanças antropogênicas persistentes na composição atmosférica, e no uso e na ocupação da terra. A distinção entre variabilidade e mudança depende da estrutura temporal em que se consideram as estatísticas climáticas.

Em função dessa discussão conceitual, parece mais clara a definição estabelecida pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) que define mudança como *uma alteração no clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, que modifica a composição da atmosfera e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo de escalas temporais comparáveis*. Esse conceito é útil, pois deixa claro o que é antrópico e o que é natural.

Para entender como tais mudanças repercutem sobre o sistema Terra-atmosfera é necessário compreender o que são as forçantes, os *feedbacks* e as respostas climáticas. Nesse sentido, há de se ter claro que a medida fundamental do estado climático da Terra é *a média global de temperatura do ar junto à superfície* (Nimer, 1979; Foucault, 1993; Barry & Chorley, 2013).

Os fatores forçantes representam perturbações impostas sobre o sistema global e são definidos como positivos quando provocam aumento da temperatura média global na superfície e negativos quando provocam diminuição. Tais fatores podem ser naturais e antrópicos. Já os *feedbacks* podem ser compreendidos a partir de um exemplo que ocorre na natureza, sendo o *feedback* do vapor d'água um dos mais importantes. *O aquecimento resulta em mais evaporação, e uma atmosfera mais quente pode conter mais vapor d'água, que é um gás do efeito estufa, logo, causa maior aquecimento* (Barry & Chorley, 2013: 435). Os *feedbacks* também podem ser positivos e negativos.

No contexto dos protocolos para monitoramento de manguezais e marismas, é de extrema importância a identificação dos processos associados às principais forçantes climáticas. Dentre eles pode-se citar a tectônica de placas, as periodicidades astronômicas, a variabilidade solar, as erupções vulcânicas e as mudanças induzidas pelo homem (antrópicas). Embora a característica comum dessas forçantes seja o fato deinfluenciarem aspectos do balanço de radiação da Terra, elas se diferenciam pelas escalas temporais em que ocorrem. A tectônica de placas atua em escala de milhões de anos, as forçantes astronômicas de Milankovich atuam em escalas de dezenas de milhares de anos, já as alterações na radiação solar e as atividades vulcânicas têm efeitos imediatos.

As variações dos níveis dos oceanos são controladas, principalmente, pelas flutuações nos volumes das bacias oceânicas, principalmente em função da tectônica de placas (tectono-eustasia), flutuações nos volumes das águas nas bacias oceânicas, principalmente por fenômenos de glaciação e de deglaciação (glacio-eustasia) e, finalmente, pelas deformações das superfícies oceânicas de origem gravitacional (geoideustasia). Por outro lado, as mudanças nos níveis dos continentes, submetidas aos movimentos tectônicos, horizontais e verticais, afetam a crosta terrestre por mecanismos de dinâmica interna de duração geológica longa e/ou instantânea. Movimentos isostáticos, relacionados às variações nas sobrecargas exercidas pela expansão e retração das geleiras sobre os continentes, tanto pela deposição como pela erosão em bacias sedimentares ou pela transgressão e regressão sobre as plataformas continentais (hidro-isostasia), também acarretam mudanças no nível dos continentes, tanto quanto as deformações das superfícies continentais devidas, principalmente, a causas gravitacionais (Suguio, 1999).

Para Murray-Wallace & Woodroffe (2014), o Período Quaternário, o mais recente da história da Terra, foi caracterizado por repetidos crescimento e decaimento das placas de gelo continentais e polares e pelas expressivas flutuações no nível do mar em escala global, cujos estudos apontam tal período como aquele que mais tem sido estudado acerca das variações do Nível Médio Relativo do Mar – NMRM – ,em todo o mundo, e suas repercussões sobre os sistemas costeiros.

As hipóteses sobre as causas da elevação do nível relativo do mar são encaradas hoje com menos controvérsias nas Ciências da Terra, embora raramente tenham sido resolvidas dessa forma. Uma hipótese pode parecer válida em um determinado exemplo, mas uma explicação alternativa pode ser mais apropriada para outro local ou em outro momento, e às vezes várias hipóteses são amalgamadas em uma explicação complexa, conforme afirmam Murray-Wallace & Woodroffe (2014). Ainda segundo esses mesmos autores, a modelagem de sistemas vem fornecendo um meio particularmente útil de conceituar as mudanças

do nível relativo do mar durante o Quaternário, incorporando a diversidade de processos inter-relacionados dentro de litosfera, da hidrosfera, da pedosfera, da biosfera e da atmosfera da Terra que interagem para gerar tais mudanças (Figura 4-2).

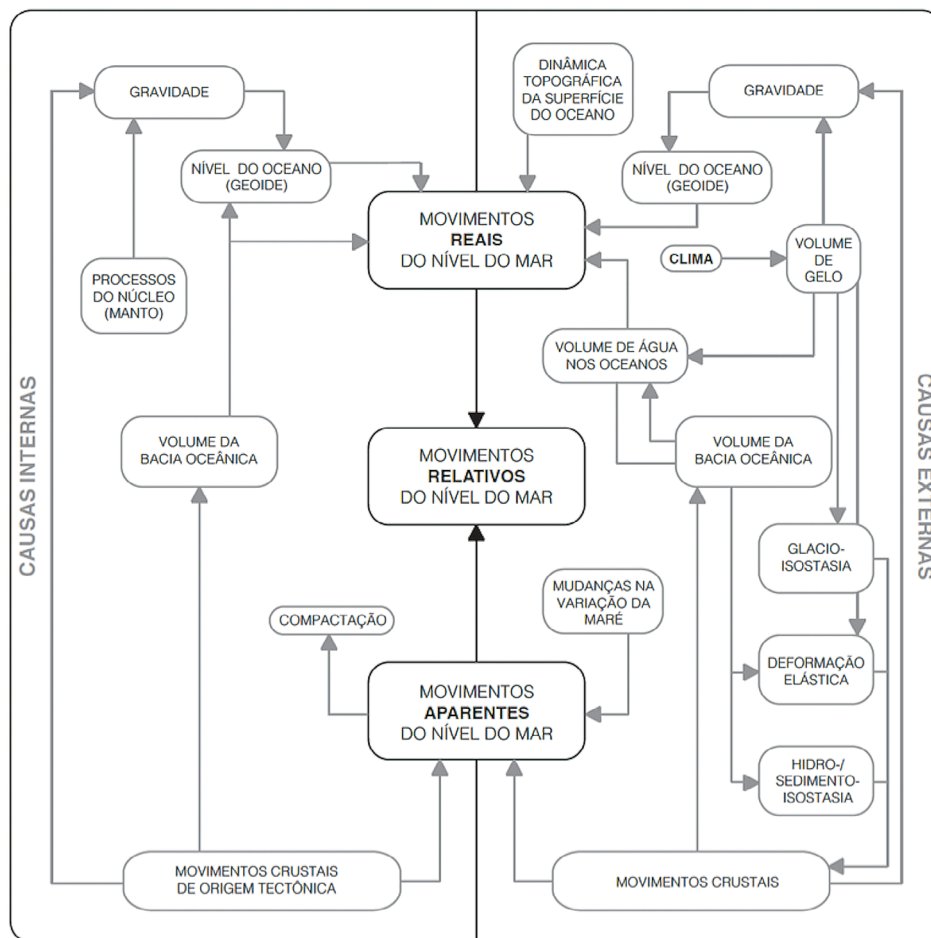



Figura 4-2. Mudanças relativas ao nível do mar em escalas de tempo do Quaternário (ka), representado como um sistema de processo-resposta e ilustrando a inter-relação entre processos internos (endógenos) e processos externos (exógenos). O diagrama revela que inúmeros processos são responsáveis por alterações no nível do mar (a partir de Murray-Wallace &Woodroffe, 2014, p.37).

A despeito das origens que causam as mudanças do nível relativo do mar e, consequentemente, que atingem manguezais e marismas ora de forma erosiva, ora deposicional, provocando ou o desmantelamento da vegetação ou o avanço da mesma em direção à linha da costa. Tanto por mudanças no uso e ocupação de uma determinada bacia que tem no seu nível de base os bosques de mangue em pleno desenvolvimento, quanto pelas mudanças climáticas locais e/ou regionais (microescala e mesoescala), os manguezais constituem excelentes bioindicadores, respondendo aos gradientes de inundação, de nutrientes e de salinidade.

O grau de desenvolvimento ou de complexidade que um manguezal pode alcançar depende de fatores externos (abióticos) que incidem sobre o sistema e o regulam. Esses fatores são forçantes de natureza atmosférica, hidrográfica, oceanográfica e geológica. O grau de desenvolvimento alcançado é, portanto, um índice de quão ótimo ou desfavorável é um determinado local para o desenvolvimento do manguezal. Por sua vez, o grau de complexidade adquirido atua sobre as características funcionais do sistema.

No ambiente do manguezal atuam muitas forças, de diferentes intensidades e frequências, sendo altamente subsidiadas por fontes externas de energia, provenientes da energia do Sol que se reflete nas condições climáticas de um bosque. A ação das marés, das precipitações, dos aportes de água doce e salgada, dos *inputs* de sedimentos fluviais e marinhos são captadas pelas espécies vegetais presentes no ambiente e

transformadas em estrutura florestal. Além disso, os sistemas frontais, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, têm um papel muito importante no que se refere às respostas que a feição bosque de mangue exibe em função da dinâmica atmosférica e da morfologia costeira. Quanto maior disponibilidade e abundância dessas energias, maior desenvolvimento será alcançado pelos componentes vegetais (Cintrón *et al*., 1984; Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1984; Twilley, 1995; 2001). A interação entre as forças e as respostas do ambiente, Odum, (1967 *apud* Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1984) denomina "assinatura energética" (Figura 4-3).

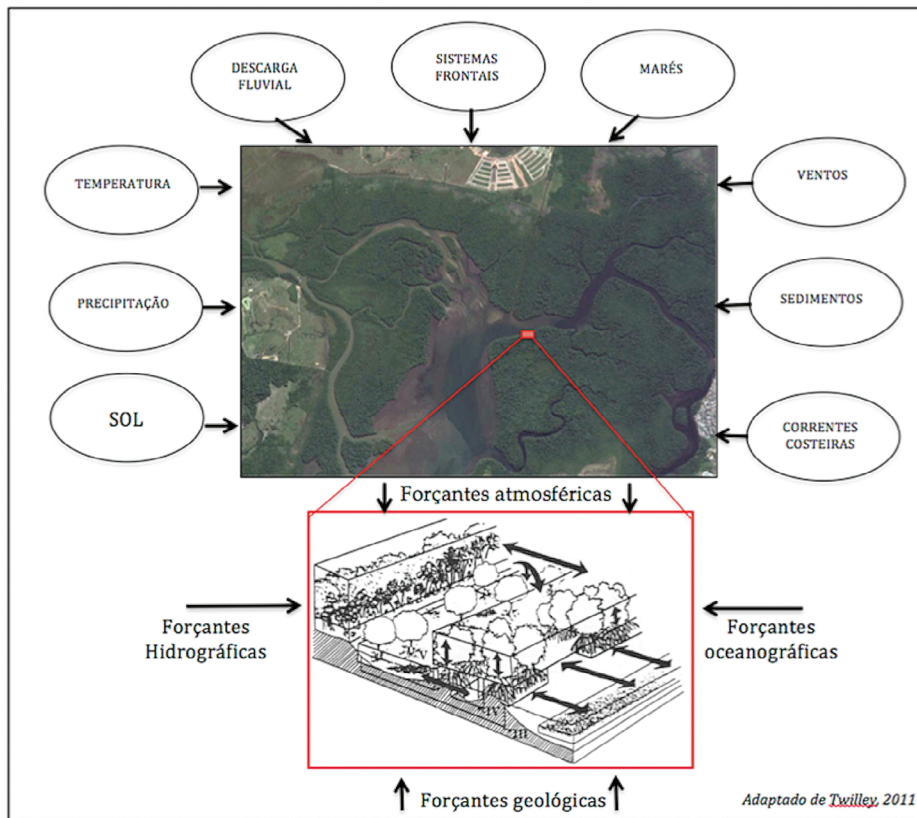



Figura 4-3. Esquema das fontes de energia e das forçantes naturais que atuam sobre o ecossistema manguezal. Fonte: Clemente Coelho-Jr, modificado de Twilley (2001).

O ecossistema manguezal pode apresentar estrutura caracterizada por um *continuum* de feições: lavado, mangue (bosque de mangue) e apicum. Como lavado, considera-se a feição exposta à maior frequência de inundação, apresentando substrato lamoso ou areno-lamoso exposto, desprovido de qualquer cobertura vegetal vascularizada. A feição mangue apresenta cobertura vegetal típica, constituída por espécies arbóreas que lhe conferem fisionomia peculiar. Enquanto que a feição apicum pode estar envolvida pela feição mangue, ou limitando-se a esta em sua porção mais interna, atingida pelas águas estuarinas ou marinhas nas preamares de sizígia, equinociais e/ou empilhadas por aspectos da dinâmica atmosférica, tais como os sistemas frontais ou frentes frias*.

O lavado, por ser a feição mais exposta à inundação pelas marés, pode ser erodido rapidamente por ocasião dos eventos de grandes ondas, marés meteorológicas e sistemas frontais. Pode haver erosão acelerada de tais áreas, fazendo com que seja perdido seu serviço de estabilização da feição seguinte (mangue). A feição mangue, consequentemente, pode vir a sofrer grandes perdas da estrutura arbórea. A erosão pode provocar queda de árvores em ritmo superior ao de sua recuperação populacional (ou de comunidade).

* Existem diferentes tipos de massa de ar, sendo a zona de transição entre uma massa de ar quente e uma massa de ar frio chamada de frente. Elas são marcadas pela descontinuidade, uma vez que é uma área de transição térmica, higrométrica e barométrica.

O grande aporte de água doce pode vir a causar maior colonização por espécies terrestres ou dulcícolas. Além disso, o assoreamento por sedimento terrígeno altera a composição sedimentar e a capacidade de estabelecimento das diferentes espécies de mangue.

A feição mangue (bosque de mangue) é composta por plantas lenhosas, chamadas de mangue. Nesse ambiente existem também espécies herbáceas, epífitas, hemiparasitas e aquáticas. Nas faixas de transição entre o bosque de mangue e os ecossistemas de terra firme, ou em manguezais alterados, podem ocorrer outras espécies vegetais, tais como o algodoeiro-da-praia (gênero *Hybiscus*), samambaia-do-mangue (gênero *Acrostichum*) e o mangue-de-botão (*Conocarpus erecutus*). Quando a maré está baixa pode-se ver o praturá, gramínea do gênero *Spartina*, assim como algumas ciperáceas (*Scirpus*, *Eleocharis*, *Crenea*), espécies do ecossistema marisma que podem estar associadas ao ecossistema manguezal (Sugiyama, 1995). Dessa forma, torna-se claro afirmar que o termo mangue refere-se a uma das feições do ecossistema manguezal.

Várias epífitas crescem sobre a vegetação típica de mangue. São as diferentes espécies de liquens (Marcelli, 1992), musgos, samambais, gravatás, filodendros, orquídeas e cactos, como também micro e macroalgas que ocorrem na parte inferior dos troncos e sob os rizóforos e pneumatóforos do mangue. Sobre troncos e ramos das árvores observa-se, com certa frequência, uma semiparasita, a erva-de-passarinho, pertencente aos gêneros *Struthanthus* e *Phoradendron*, cujos frutos são muito apreciados pelas aves (Sugiyama, 1995).

O apicum, última feição do ecossistema manguezal, serve de zona de amortecimento. Com o aumento do NMRM ele poderia ser mais frequentemente inundado por água doce e por água salgada, criando novas áreas propícias à colonização de árvores de mangue.

Objetivos

A partir do uso deste protocolo, pretende-se que o pesquisador entenda as respostas do ecossistema aos fatores locais. Tal conhecimento é de grande valor para entender seu funcionamento e, possivelmente, suas respostas às mudanças climáticas. A necessidade de pesquisa torna imprescindível a utilização de técnicas similares, de forma a permitir comparações entre os resultados obtidos ao longo do tempo e em diferentes localidades ao longo da costa, onde quer que ocorram manguezais.

Métodos

Planejamento Amostral

Considerando a necessidade de seleção de áreas para monitoramento que sejam mais vulneráveis aos possíveis impactos decorrentes do aumento do NMRM (*sensu* Ellison, 2012), devem ser consideradas, no mínimo, duas zonas ao longo de um perfil de inundação: (1) a franja do bosque de mangue, próximo ao curso d'água e (2) o ambiente de transição do bosque com outras feições típicas de manguezais (apicum e/ou clareira topográfica) ou com ecossistemas adjacentes, tais como vegetação de restinga, cordão praial, duna, encosta ou outras feições da Mata Atlântica, conforme se observa nas Figuras 4-4 e 4-5.

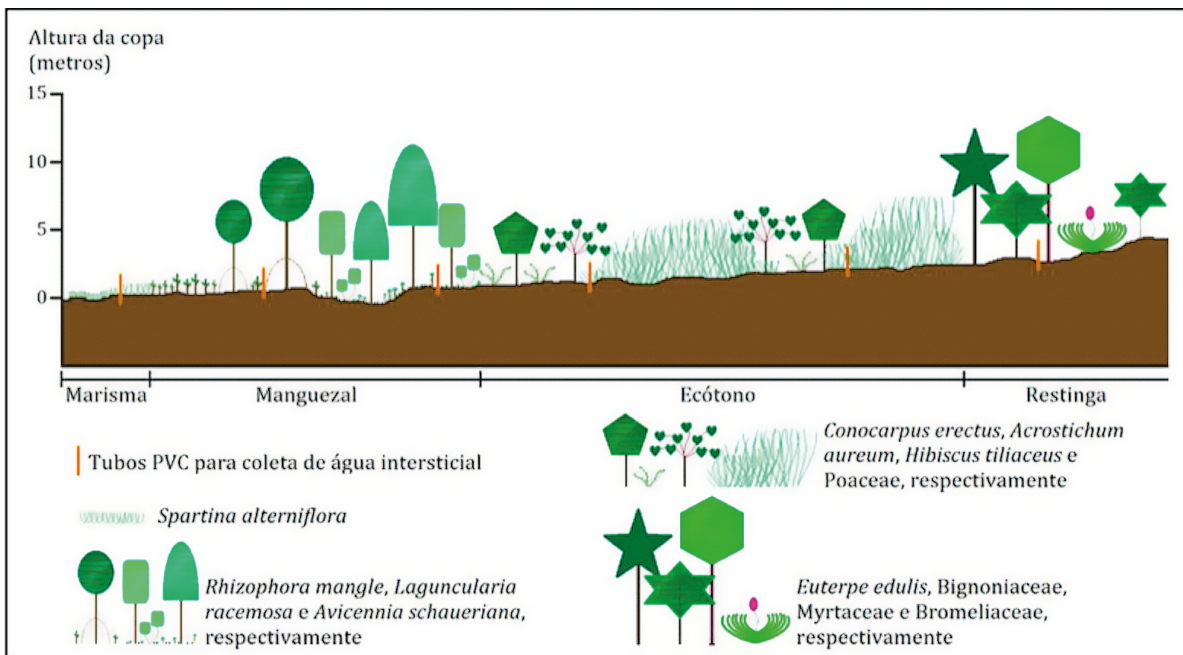



Figura 4-4. Exemplo de transecto ao longo de área de marisma, manguezal, ecótono e restinga. Espécies e gêneros vegetais encontrados na região de Cananéia, SP. Esquema: Sarah Charlier Sarubo.

Igualmente, subindo um nível de observação (escala de *setting* geomorfológico; Thom, 1982) faz-se necessária seleção de áreas vulneráveis dentro do sistema estuarino, ou seja, áreas mais sujeitas aos fatores associados às mudanças climáticas. Esse é o cenário encontrado na foz de rios ou estuários (Thom, 1984). Ainda há de se considerar trechos dentro desta zona, que seria o estuário inferior, livres de situações extremas de dinamismo sedimentar, como meandros, por exemplo, por serem áreas onde se verifica maior influência de processos de progradação e de retrogradação.

Finalmente, considerando a amplitude latitudinal da costa brasileira, o conceito de réplica proposto neste protocolo de procedimentos mínimos é flexível, podendo os experimentos serem planejados para responder questões em nível local (por exemplo, dois ou mais perfis ou transectos dentro de um mesmo bosque de mangue) ou regional, nesse caso, diferentes manguezais, localizados ao longo de um segmento costeiro, seriam representados por um ou mais perfis ou transectos que agrupados representariam réplicas daquela região (i.e., Ecorregiões Marinhas, *sensu* Spalding *et al.*, 2007). Em outras palavras, nesta abordagem macroecológica, as ecorregiões marinhas seriam as regiões, e os manguezais dentro das regiões seriam as réplicas, os bosques de mangue, perfis ou transectos, dentro de cada manguezal seriam as pseudorréplicas destinadas a captar a variabilidade ambiental necessária, e assim por diante.

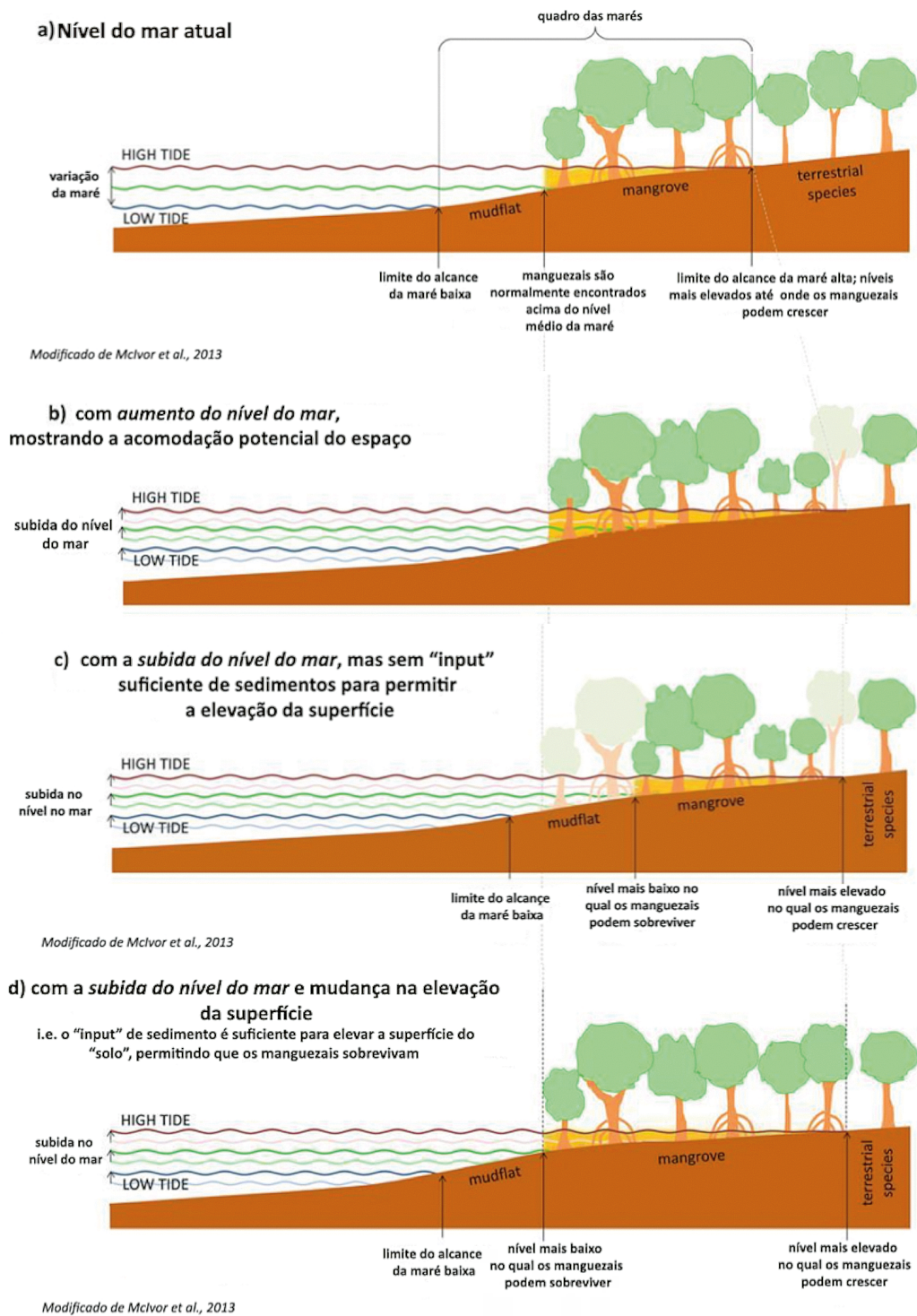



Figura 4-5. A figura demonstra que as áreas na frente do bosque de mangue, em todos os cenários (a, b, c, d), e a área do contato com a "terra firme", são aquelas que mais prontamente respondem a uma possível subida do nível do mar. Modificado de McIvor (2013).

Amostragem

Parcelas fixas são demarcadas para facilitar o estudo das características estruturais e a composição florística do bosque ao longo do monitoramento. Na delimitação das parcelas, assim como no estabelecimento de perfis e transectos, podem ser utilizados fios de náilon previamente marcados de metro em metro ou fitas calibradas (trenas). A trena deverá ser de material resistente à água, tanto doce como salgada, e de leitura fácil.

A orientação das parcelas é importante, pois devem estar posicionadas perpendicularmente aos gradientes ambientais. Se o trabalho é em uma franja, parte anterior do bosque de mangue, a parcela deve estar orientada paralela à margem que seria o curso d'água principal. Se há diferenças estruturais significativas dentro do bosque, as parcelas devem atender às características fisiográficas e estruturais (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1984; Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986).

Visando a continuidade ou o monitoramento de um mesmo bosque, orienta-se que sejam levantadas as coordenadas geográficas, usando um GPS (*Geographical System Position*) de precisão. Além das coordenadas, é importante a leitura do rumo, que pode ser lida também pelo GPS ou por uma bússola.

Uma forma de amostragem empregada com frequência é, por exemplo, a de delimitar uma sequência de 10 ou mais parcelas contíguas, de 10 x 10 m, de forma a cobrir uma faixa de 10 x 100 m perfazendo 0,1 ha. Em se tratando de bosque maduro, com árvores de grande diâmetro, cada uma das parcelas deve ter seu tamanho adequado para incluir no mínimo 30 indivíduos (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1984; Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986) (Figura 4-6).

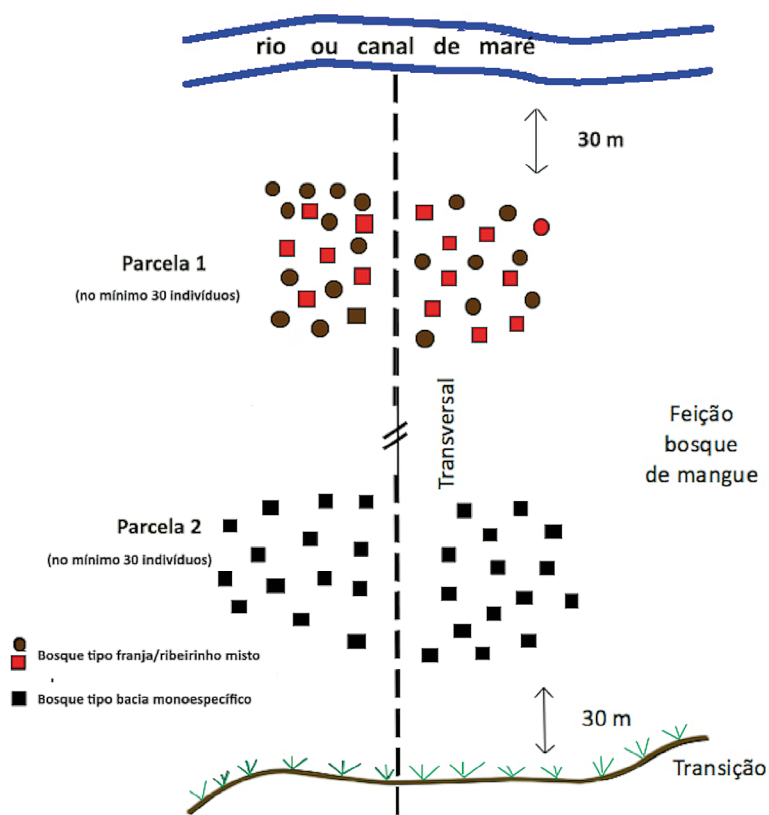



Figura 4-6. Delineamento amostral para levantamento estrutural – quantitativo e qualitativo – de um bosque de mangue, mostrando duas parcelas descontínuas, sendo uma composta por mais de uma espécie e outra composta apenas por uma espécie.

Há várias técnicas para determinar densidade, por exemplo, contando todas as árvores acima de um determinado diâmetro (DAP), geralmente, maior ou igual a 2,5 cm, em parcelas de dimensões conhecidas. O tamanho da parcela é função da densidade da vegetação e da uniformidade do bosque. O problema com parcelas excessivamente grandes é o tempo que se necessita para o trabalho de caracterização de todos os indivíduos e a maior chance de equívocos. A experiência é o melhor guia para selecionar o tamanho da amostra, devendo cada parcela incluir, no mínimo, 30 árvores adultas. Os tamanhos utilizados variam de 5 x 5 m em bosques muito jovens, 10 x 10 m em bosques com densidades de mais de 3.000 indivíduos/ha e parcelas de 10 x 50 m ou 10 x 100 m em bosques maduros, de grande porte.

Variáveis Obrigatórias

Na prática, a feição que caracteriza mais propriamente o ecossistema manguezal é a da cobertura vegetal, que seria o bosque de mangue. A caracterização estrutural de um bosque passa então, a ser

a segunda etapa no estudo das áreas de manguezal. A descrição estrutural nos dá uma ideia do grau de desenvolvimento do bosque, além de permitir a identificação e a delimitação dos bosques similares, o que permite comparações entre áreas.

Nos estudos do ecossistema manguezal, as características mais frequentes na caracterização estrutural e funcional dos bosques, de acordo com Cintrón & Schaeffer-Novelli (1984); Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986); English *et al.* (1997); Ellison (2012), são:

- Identificação das espécies presentes;
- Diâmetro das árvores;
- Altura média do bosque;
- Densidade;
- Área basal das árvores;
- Fitomassa aérea (ou volume);
- Descrição qualitativa do bosque.

Cálculos da Estrutura de um Bosque de Mangue

Ao longo de um transecto ou transversal plotado no interior de um bosque de mangue, são demarcadas parcelas, cujos tamanhos variam em função da idade e do desenvolvimento estrutural do bosque. Uma vez demarcadas as parcelas são feitas as leituras dos dados estruturais do bosque. Para o cálculo de alguns valores é necessário o uso de fórmulas que, usadas em planilhas *Excel*, facilitam sobremaneira a padronização dos dados levantados para que os mesmos sejam comparáveis em qualquer lugar onde sejam mensurados. Planilhas para armazenamento dos dados estão disponíveis no ANEXO 4-I. Dessa forma, a fórmulas estão listadas a seguir:

Área Basal

A área basal é definida como sendo a área ocupada por um tronco com um dado diâmetro. O diâmetro é uma das medidas mais simples empregadas para fornecer informações quantitativas sobre a estrutura arbórea (Schaeffer-Novelli & Cintrón, 1986). A partir do diâmetro (D.A.P.) calcula-se a área basal e o volume. A área basal de um bosque é a soma das áreas basais de todos os troncos por unidade de área. Geralmente se expressa em termos de metros quadrados de madeira por hectare. Deve-se assumir que a árvore apresenta seção transversal circular e, preferencialmente, utilizar uma trena calibrada, de modo que cada divisão corresponda a 3,1416 cm (π), o que permite uma leitura direta do valor do diâmetro. Pode ser usada uma fita métrica de costura para medir o perímetro do tronco, obtendo, assim o diâmetro e dividindo o perímetro por 3,1416 cm. O diâmetro do tronco é medido à altura do peito do observador (D.A.P.), o que corresponde a aproximadamente a 1,3 m do solo. As medidas de diâmetro são agrupadas em classes de diâmetro < 2,5 cm; 2,5 cm - 10 cm; e > 10,0 cm e plotados os resultados em uma planilha (ANEXO 4-I).

Se a 1,3 m de altura a árvore apresentar anormalidades no seu tronco, mede-se o diâmetro que a árvore teria caso não houvesse anormalidade. Como no manguezal a presença de rizóforos, bifurcações, etc é bastante comum, deve-se adotar os seguintes procedimentos:

- Se os troncos se bifurcam à altura do peito, mede-se o diâmetro abaixo da bifurcação;
- Se os troncos se bifurcam abaixo da altura do peito, consideram-se dois troncos e registram-se duas medidas de diâmetro;

- Quando a árvore é formada por troncos muito próximos, ramificados acima ou abaixo da superfície do solo, mede-se o diâmetro de cada um deles;
- Quando houver deformidades nos troncos, à altura do peito, mede-se o diâmetro acima ou abaixo das imperfeições;
- No caso do gênero *Rhizophora*, o diâmetro deve ser medido acima da saída do último rizóforo.

Um valor de área basal é obtido para cada parcela, por espécie, tronco, classe de D.A.P. e condição da árvore que pode ser viva, morta ou com perda de biomassa, morte apical, característica que pode estar associada à salinização.

A área basal (g) de um tronco é dada por: $g = \pi r^2$ onde *g* é a área basal e *r* é o raio, mas como r = D.A.P./2, então em termos de diâmetro g é dado por:

$$g = \frac{\pi}{4(D.A.P.)^2}$$

Para expressar g em termos de m², quando se mede o diâmetro em centímetros, utiliza-se a seguinte fórmula:

$$g = \frac{\pi(D.A.P.)^2}{4(10.000)}$$

ou seja,

$$g(m^2) = 0{,}00007854\ (D.A.P.cm)^2$$

A área basal do bosque é estimada a partir das medidas dos diâmetros (< 2,5 cm; 2,5 cm - 10,0 cm; >10,0 cm) dentro de uma área determinada. A seguir, os diâmetros individuais (troncos) são transformados em área basal aplicando-se a fórmula (3) e somando os valores obtidos. Esse método requer a delimitação de uma parcela com área conhecida para posteriormente transformá-la em 0,1 ha, ou seja, 1.000 m², homogeneizando, dessa forma, a área de todas as parcelas (ANEXO 4-I).

Densidade Relativa

A densidade é o número de árvores/troncos por unidade de área. No sistema métrico a densidade é expressa em termos de indivíduos por hectare. A densidade de um bosque é função de sua idade e amadurecimento. Bosques jovens apresentam densidades elevadas, ou seja, muitos indivíduos/troncos por área e a área basal menor do que os bosques maduros, que apresentam baixa densidade por unidade de área. A densidade relativa (DeR) é expressa pela fórmula:

$$DeR = \frac{(N^{o}\ troncos\ por\ classe)}{N^{o}\ total\ troncos} * 100$$

Dominância Relativa

A dominância relativa (DoR) é um parâmetro útil para descrever a comunidade arbórea. É utilizada para indicar a contribuição percentual em área basal de cada espécie vegetal, viva, morta ou com perda de biomassa, por classe de diâmetro, sendo representada pela seguinte fórmula:

$$DoR = \frac{(\acute{A}rea\ basal\ por\ classe)}{\acute{A}rea\ basal\ total} * 100$$

A densidade relativa expressa a importância percentual de uma determinada classe diamétrica, por espécie e por estado (viva, morta ou com perda de biomassa). Juntamente com a dominância relativa, permite aproximações quanto ao grau de maturidade e como possível indicativo da sucessão.

Diâmetro Médio

O diâmetro médio do bosque é definido como sendo o diâmetro da árvore de área basal média. A média dos diâmetros ($\overline{X}$ DAP) é sempre menor que o diâmetro da área basal média (D.A.P.). A área basal g da árvore média é dada pela expressão:

$$g = \frac{\acute{A}rea\ basal\ por\ hectare}{N^{\underline{o}}\ \acute{a}rvores\ por\ hectare}$$

Como a área basal é igual a:

$$g(m^2) = [D.A.P.][0{,}00007854]$$

Então, o diâmetro médio é dado por:

$$D.A.P. = \frac{\frac{g}{n}}{0{,}00007854}$$

ou seja,

$$D.A.P. = \sqrt{\frac{(g)(12732{,}39)}{n}}$$

O diâmetro da árvore de área basal média é uma medida descritiva de grande utilidade que permite a comparação entre bosques, além de permitir correlacionar com outras medidas estruturais.

Altura

Devem ser realizadas medidas de altura total, ou seja, a distância entre a base da árvore e a extremidade da copa, utilizando, de preferência um telêmetro óptico graduado para leituras de árvores tropicais. Nas árvores com altura inferior a 9 m, podem ser utilizados varas telescópicas ou tubos de PVC articuláveis, demarcados de 10 em 10 cm para facilitar a leitura. Essa leitura deve ser realizada com o cano apoiado no ombro de quem oestá segurando e lida por outra pessoa. É importante que o trabalho de leitura das árvores seja realizado sempre pela mesma dupla. O resultado final da altura da árvore é a soma do comprimento dos canos com a altura da pessoa que segura os canos até o ombro. No caso do telêmetro soma-se a altura lida pelo aparelho mais a altura de quem fez a leitura da altura da árvore.

Variáveis Ambientais

Além da coleta de dados sobre a dinâmica vertical do substrato de manguezais e marismas, é interessante que a cada campanha amostral sejam obtidas informações das seguintes variáveis:

- Séries históricas de pluviosidade ao longo da bacia/micro-bacia, da foz (estuário/delta) em estudo;

- Séries históricas de temperatura ao longo da bacia/micro-bacia, da foz (estuário/delta) em estudo;
- Dados de vazão dos rios, normalmente disponíveis pela Agência Nacional das Águas (ANA);
- Leitura do *Boletim Climanálise*, fornecido gratuitamente pelo INPE/CPTEC, para avaliação dos sistemas frontais e outros eventos extremos como excesso ou escassez de chuva;

Outras variáveis como, por exemplo, salinidade intersticial, taxas de produção de biomassa subterrânea, taxas de decomposição da matéria orgânica no sedimento e turbidez dos corpos d'água, podem ser incorporadas aos procedimentos descritos neste protocolo. Tais variáveis poderão auxiliar no entendimento de questões relacionadas à movimentação vertical do substrato. Aumentos na salinidade intersticial, por exemplo, podem indicar maior intrusão e predominância de água marinha no ambiente.

A água do mar contém maiores quantidades de sulfato, que por sua vez é um dos principais "combustíveis" das bactérias redutoras presentes nos sedimento de manguezais e marismas. Desse modo, espera-se um aumento na atividade bacteriana seguido de um decréscimo na quantidade de matéria orgânica. Em paralelo, maiores níveis de salinidade exercem papel estressor para as comunidades vegetais típicas de manguezais e marismas, com impactos negativos sobre a produtividade do sistema. Considerando maiores salinidades e menores taxas de produção de material vegetal (raízes), espera-se que ocorra subsidência e erosão do substrato impossibilitando qualquer compensação em relação à elevação do nível do mar.

Nesse sentido, é imprescindível que sejam adotadas metodologias consagradas, disponíveis na literatura internacional. Ademais, recomenda-se que a mensuração dessas variáveis seja compatível espaço e temporalmente com o delineamento amostral ora proposto e que tal esforço (número de unidades amostrais ou réplicas) seja suficiente para captar a variabilidade ambiental necessária.

AUTORES

Yara Schaeffer-Novelli – Universidade de São Paulo – USP, Brasil
(autor para correspondência: novelliy@usp.br)

Claudia Câmara do Vale – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Brasil

Gilberto Cintrón – U.S. Fish and Wildlife Service – USF&WS, Estados Unidos

Referências

Alley, R. et al. 2007. *Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima: Sumário para os Formuladores de Políticas*. 26/04/2007. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/> Acesso em: Abril 2014.

Amorim, M.C.C.T; Sant'anna Neto, J.L. 2013. *Climatologia urbana e regional. Questões teóricas e estudos de caso*. São Paulo: Outras Expressões, p. 274.

Barry, R.G; Chorley, R.J. 2013. *Atmosfera, tempo e clima*. Porto Alegre: Editora Bookman, p. 512.

Cuadrat, L.J. M.; Pita, M. F. 2004. *Climatología*. Madrid: Ediciones Cátedra, p. 596.

Cintrón, G.; Lugo, A.E.; Martinez, R. 1985. "Structural and functional properties of mangrove forests", pp. 53-66. In: W.G. D'Arcy; M.D.A. Correa (eds.) *The botany and natural history of Panama*. Saint Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden.

Cintron, G.; Schaeffer-Novelli, Y. 1984. "Methods for studying mangrove structure" pp. 91-113. In: Snedaker, S.C.; Snedaker, J.G. (Eds.). *The mangrove ecosystem: research methods*, UNESCO, Monographs on Oceanographic Methodology, 8, p. 251

Ellison, J.C. 2012. *Climate change vulnerability assessment and adaptation planning for mangrove systems*. World Wildlife Fund, Washington DC. p. 130 Disponível em: <http://worldwildlife.org/publications/ climate-change-vulnerability-assessment-and- adaptation-planning-for-mangrove-systems.>

English, S.; Wilkinson, C.; Baker, V. 1997. *Survey manual for tropical marine resources*. 2nd Edition. Townsville: Australian Institute of Marine Science, p. 390.

Foucault, A. 1993. *Climat. Histoire du climat et avenir du milieu terrestre*. Paris: Fayard. 328 p.

Marcelli, M.P. 1992. *Ecologia liquênica nos manguezais do Sul-Sudeste brasileiros*. Bibliotheca Lichenologica, Band 47. Berlin: J. Cramer. 288p + 31 fotos.

McIvor, A.L.; Spencer, T.; Möller, I.; Spalding. M. 2013. *The response of mangrove soil surface elevation to sea level rise*. Natural Coastal Protection Series: Report 3. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 42. Published by The Nature Conservancy and Wetlands International. 59 pages. ISSN 2050-7941. URL: http://coastalresilience.org/science/mangroves/surface-elevation-and-sea-level-rise

Murray-Wallace, C.V.; Woodroffe, C. 2014. *Quaternary Sea-Level Changes. A Global Perspective*. New York: Cambridge University Press, p. 484.

Nimer, E. 1979. "Clima da Região Sudeste". In: *Geografia do Brasil. Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.

Schaeffer-Novelli,Y.; Cintrón, G. 1986. *Guia para estudo de áreas de manguezal. Estrutura, função e flora*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, p. 150.

Suguio, K. 1999. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais (passado + presente = futuro?)*. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, p. 366.

Spalding, M.D; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z.A.; Finlayson, M.; Halpern, B.S.; Jorge, M.A.; Lombana, A.; Lourie, S.A.; Martin, K.D.; McManus, E.; Molnar, J.; Recchia, C.A.; Robertson, J. 2007. Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas. *BioScience*, 57: 573-583

Sugiyama, M. 1995. "A flora do manguezal". pp. 17-2. In: Schaeffer-Novelli, Y. (Coord.) *Manguezal ecossistema entre a terra e o mar*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, p. 64.

Thom, B.G. 1982. "Mangrove ecology – a geomorphological perspective". In: Clough, B.F. (Ed.) *Mangrove Ecosystems in Australia*. Canberra: Australian National University Press, pp. 3–17.

Thom, B.G. 1984. "Coastal landforms and geomorphic processes". pp. 03-17. In: Snedaker, S.C.; Snedaker, J.G. (Eds.) *The mangrove ecosystem: research methods*. UNESCO. Monographs on Oceanographic Methodology, 8, p. 251.

Twilley, R.R. 1995. "Properties of mangrove ecosystems related to the energy signature of coastal environments". pp. 43-62. In: Hall, C. (ed.) *Maximum Power: the ideas and applications of H.T Odum*. Boulder: The University Press of Colorado.

Twilley, R.R. 2001. "Patterns process of mangrove ecosystems: response to changing environmental conditions of coastal regions". In: *Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, San Andres, Resumos expandidos*. p. 9.

ANEXOS — CAPÍTULO 4

ANEXO 4-I – FORMULÁRIOS DE CAMPO

MEDIDAS ESTRUTURAIS DO BOSQUE DE MANGUE - FICHA 1

Local: ______________________ Data: ______________________

Parcela: ______________________ Anotado por: ______________________

Espécies (troncos)	D.A.P. (cm)			Altura da árvore (m)	Observações
	< 2,5 cm	2,5 cm - 10,0 cm	> 10,0 cm		

ANÁLISE DA ESTRUTURA DE UMA PARCELA - FICHA 3

Local: ______________ Data: ______________ Parcela: ______________

Espécies	Área basal Troncos (m^2/0,1 ha)			Densidade (nº de troncos/0,1 ha)			Densidade (nº de inds./0,1 ha)		
	< 2,5 cm	2,5 cm-10,0 cm	> 10,0 cm	< 2,5 cm	2,5 cm-10,0 cm	> 10,0 cm	< 2,5 cm	2,5 cm-10,0 cm	> 10,0 cm

Capítulo 5

MONITORAMENTO DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL: FENOLOGIA REPRODUTIVA

Elaine Bernini

Foto: Elaine Bernini

Introdução

A fenologia estuda a ocorrência de fenômenos biológicos repetitivos e sua relação com os meios abiótico e biótico (Lieth, 1974; Morellato & Leitão-Filho, 1990). As tendências fenológicas gerais têm sido descritas em estudos intensivos em vários ecossistemas em todo o mundo. Os estágios do ciclo de vida das plantas são regulados por mudanças periódicas no clima (Morellato, 2008), assim, os ritmos fenológicos tendem a ser flexíveis, pois as fenofases são sincronizadas com as condições ambientais locais ou regionais que invariavelmente regulam o sistema (Fernandes, 1999).

De acordo com as previsões, as mudanças climáticas terão efeitos de longo prazo, alterando os padrões fenológicos das espécies de plantas (Alongi, 2008; Ellison, 2012) e promovendo variação intraespecífica ao longo do tempo. A expectativa é que haja antecipação dos períodos de floração e de frutificação das plantas (Menzel *et al.*, 2006).

O presente protocolo tem como objetivo apresentar proposta de monitoramento da fenologia reprodutiva das espécies de mangue para verificar os efeitos da elevação da temperatura do ar e da variação nas taxas de pluviosidade.

Métodos

Definição da Área de Estudo e Periodicidade Amostral

Considerando a amplitude latitudinal da costa brasileira, o conceito de réplica proposto neste protocolo de procedimentos mínimos é flexível, podendo os experimentos serem planejados para responder questões em nível local (por exemplo, dois ou mais perfis ou transectos dentro de um mesmo manguezal) ou regional, nesse caso, diferentes manguezais, localizados ao longo de um segmento costeiro, seriam representados por um ou mais perfis ou transectos que agrupados representariam réplicas daquela região (*i.e.*, Ecorregiões Marinhas, *sensu* Spalding *et al.*, 2007). Em outras palavras, nessa abordagem macroecológica, as ecorregiões marinhas seriam as regiões, e os manguezais dentro das regiões seriam as réplicas; bosques de mangue (perfis ou transectos) dentro de cada manguezal seriam as pseudorréplicas destinadas a capturar a variabilidade ambiental necessária, e assim por diante.

A área de manguezal selecionada para o monitoramento da fenologia reprodutiva deve ser a mais estável possível para que não haja erosão e perda de árvores (indivíduos que estão sendo monitorados) ao longo do monitoramento. Recomenda-se a distância mínima de 30 m do rio/canal de maré e da área de transição (Figura 5-1). Sugere-se que o monitoramento para verificação dos efeitos das mudanças climáticas seja realizado durante, no mínimo, três anos, repetindo-se a cada três anos.

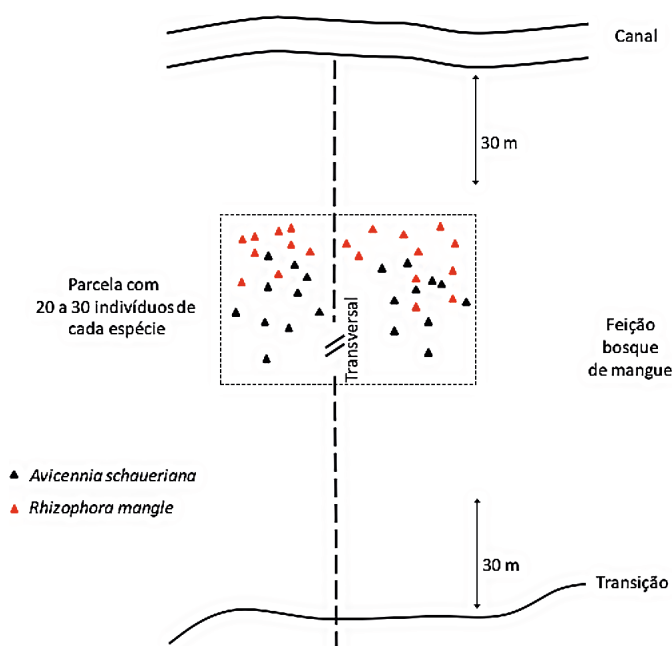



Figura 5-1. Exemplo de delineamento amostral para o monitoramento da fenologia reprodutiva do ecossistema manguezal com objetivo de verificar os efeitos da elevação da temperatura do ar e da variação nas taxas de pluviosidade.

Amostragem

Para a avaliação das respostas fenológicas das espécies às mudanças climáticas recomenda-se que de 20 a 30 indivíduos de cada espécie sejam amostrados (Figura 5-1). A intensidade de cada fenofase reprodutiva poderá ser estimada de acordo com o método semiquantitativo proposto por Fournier (1974), atribuindo valor 0 para ausência da fenofase e valores de 1 a 4 em intervalos de 25% (1 = 1-25%; 2 = 26-50%; 3 = 51-75%; 4 = 76-100% para presença da fenofase; ANEXO 5-I). A floração inclui as fenofases

botões florais e flores, enquanto a frutificação corresponde a frutos e propágulos (Figura 5-2). As amostragens para o monitoramento devem ser realizadas mensalmente, durante três anos.

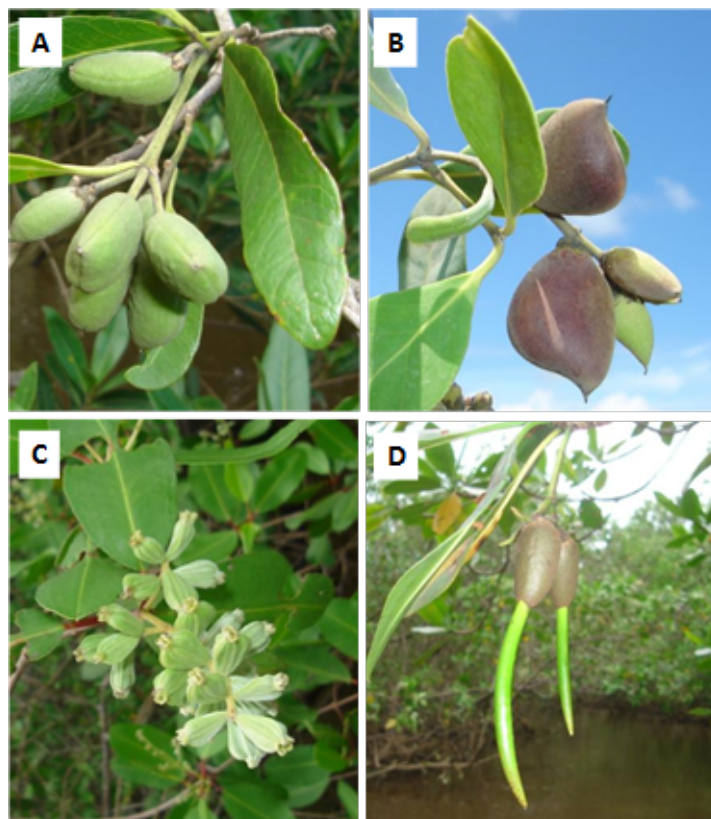



Figura 5-2. (A) *Avicennia germinans*; (B) *Avicennia schaueriana*; (C) *Laguncularia racemosa*; (D) *Rhizophora mangle.* Fotos: Elaine Bernini.

Os indivíduos deverão ser marcados com material resistente (por exemplo, uma pequena placa de alumínio e prego galvanizado). Sugere-se padronização na altura das árvores. A observação da copa da árvore deve ser realizada com auxílio de um binóculo para indivíduos altos. Atenção especial deve ser tomada para que não haja troca de numeração entre os indivíduos, pois a informação referente a cada um será essencial para os cálculos posteriores.

Em relação à análise dos dados, a cada mês deve-se calcular a soma dos valores de intensidade (fenofase) obtidos para todos os indivíduos de cada espécie. O resultado deve ser dividido pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor proporcional obtido é então multiplicado por 100 para transformá-lo em um valor percentual (Fournier, 1974).

Com os dados de intensidade será possível classificar a frequência de cada fenofase e, assim, calcular o índice de sincronia. As frequências de floração e de frutificação podem ser classificadas de acordo com o sistema de Newstrom *et al.* (1994): (1) Contínuo (presença da fenofase ao longo do ano, mas pode haver alguns intervalos curtos com ausência); (2) Subanual (presença de mais de um ciclo da fenofase durante o ano); (3) Anual (ciclo em que a fenofase ocorre durante alguns meses seguidos, por um período com sua ausência); (4) Supra-anual (a fenofase ocorre em intervalos superiores a um ano). O índice de sincronia de um determinado indivíduo com seu coespecífico (x_i) é definido como (Augspurger, 1983):

$$x_i = \frac{\sum ij}{(N-1)fi}$$

Onde: ij = número de meses em que ambos os indivíduos i e j estão em floração/frutificação sincrônica

N = número de indivíduos na população

fi = número de meses em que o indivíduo i está em floração/frutificação

O índice de sincronia da população (Z) estima a sobreposição no período de floração ou frutificação entre indivíduos da mesma espécie e é definido como (Augspurger, 1983):

$$Z = \frac{\sum x_i}{N}$$

Onde: x_i = índice de sincronia para o indivíduo i

N = número de indivíduos na população

Quando Z = 0, indica que não há sincronia ou que não há sobreposição no período de floração/frutificação entre todos os indivíduos na população. Quando Z = 1, indica perfeita sincronia ou que o período de floração/frutificação de todos os indivíduos da população ocorre na mesma época do ano.

Para avaliar a relação das variáveis abióticas com a fenologia é necessário obter dados meteorológicos mensais de temperatura do ar e de pluviosidade. Recomenda-se também o monitoramento mensal da salinidade intersticial (consultar protocolo "Monitoramento dos Ecótonos entre Manguezal e Marisma e entre Manguezal e Vegetação de Restinga" – Capítulo 8).

AUTORA

Elaine Bernini – Universidade Federal da Paraíba – UFPB
(autora para correspondência: elainebernini@hotmail.com)

Referências

Alongi, D.M. 2008. “Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change”. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1-13.

Augspurger, C.K. 1983. “Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs”. *Biotropica*, 15: 257–267.

Ellison, J.C. 2012. *Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems*. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF).

Fernandes, M.E.B. 1999.” Phenological patterns of Rhizophora L., Avicennia L. and Laguncularia Gaertn. f. in Amazonian mangrove swamps”. *Hydrobiologia*, 413: 53–62.

Fournier, L.A. 1974. “Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles”. *Turrialba*, 24: 422–423.

Lieth, H. 1974. “Introduction to phenology and the modeling of seasonality. Phenology and seasonality modeling”, pp. 3-19. In: Lieth, H. (Ed.). *Ecological Studies* 8. Berlin: Springer-Verlag.

Menzel, A.; Sparksws, T.H.; Estrella, N.C.; Koch, E.; Aasa, A.; Ahas, R.; Alm-Kübler, K.; Bissolli, P.; Braslavská, O.; Briede, A.; Chmielewski, F.M.; Crepinsek, Z.; Curnel, Y.; Dahl, A.; Defila, C.; Donnelly, A.; Firella, Y.; Jatczak, K.; Mage, F.; Mestre, A.; Nordli, Y.; Peñuelas, J.; Pirinen, P.; Remisová, V.; Scheifinger, H.; Striz, M.; Susnik, A.; Van Vliet, A.J.H.; Wielgolaski, F.E.; Zach, S. 2006. “European phenological response to climate change matches the warming pattern”. *Global Change Biology*, 12: 1969–1976.

Morellato, L.P.C. 2008. “Fenologia de plantas e os efeitos das mudanças climáticas”. pp. 181-191. In: Buckeridge, M.S. (Ed.) *Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil*. São Carlos: Rima.

Morellato, L.P.C.; Leitão Filho, H.F. 1990. “Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta semidecídua na Serra do Japí, Jundiaí, São Paulo”. *Revista Brasileira de Biologia*, 50(1): 163-173.

Newstrom, L.E.; Frankie, G.W.; Baker, H.G. 1994. “A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica”. *Biotropica*, 26:141-159.

Spalding, M.D; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z.A.; Finlayson, M.; Halpern, B.S.; Jorge, M.A.; Lombana, A.; Lourie, S.A.; Martin, K.D.; McManus, E.; Molnar, J.; Recchia, C.A.; Robertson, J. 2007. “Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas”. *BioScience*, 57: 573-583.

ANEXO 5-I. FORMULÁRIO DE CAMPO

REBENTOS Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros	**Formulário de Monitoramento da Fenologia Reprodutiva**

Estado:________ Município:___________________________Local:_____________________________

Data da coleta: ___________ Hora inicial: _________ Hora final: _________ Maré: ____________

Obs. climáticas: ____

____

Classificação das fenofases:

0 = ausência da fenofase; 1 = 1 a 25%; 2 = 26 a 50%; 3 = 51 a 75%; 4 = 76 a 100% presença da fenofase.

Espécie	Indivíduo	Floração	Frutificação

Capítulo 6

MONITORAMENTO DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL: PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

Renato de Almeida, Elaine Bernini

Foto: Elaine Bernini

Introdução

O manguezal desempenha papel chave entre a terra e o mar, com importante valor ecológico devido à sua alta produtividade. Esse ecossistema encontra-se entre as florestas mais ricas em carbono nos trópicos, com valores médios de até 1.023 mg de carbono por hectare (Donato *et al.*, 2011). Ressalta-se que as exportações de material orgânico, particulado e dissolvido, influenciam diretamente na produtividade das águas costeiras adjacentes com reconhecido efeito nas cadeias alimentares (Jennerjahn & Ittekkot, 2001; Dittmar *et al.*, 2006).

A matéria orgânica do manguezal é basicamente constituída pela serapilheira, formada por detritos vegetais e animais oriundos da floresta de mangue (Figura 6-1). Geralmente a serapilheira apresenta variação sazonal influenciada por vários fatores abióticos, tais como temperatura do ar, radiação solar, pluviosidade, tipo de substrato e disponibilidade de água doce (Clough, 1992; Twilley & Day, 1999; Almeida, 2005; Bernini & Rezende, 2010). Com relação às mudanças climáticas, a expectativa é que a produção de serapilheira das florestas de mangue seja diretamente beneficiada pelo aumento da concentração

de CO_2, mas também pela elevação da temperatura do ar, especialmente em latitudes mais altas. Todavia, variações no regime pluviométrico e redução da umidade do ar também podem induzir alterações na produtividade primária (passível de monitoramento). Segundo Ellison (2012), que sistematizou os efeitos das mudanças climáticas sobre a produtividade, a redução da produção de serapilheira no manguezal seria indicativo de aumento da vulnerabilidade e menor capacidade adaptativa.

Sugere-se adotar a produção de serapilheira, com auxílio de cestas coletoras, enquanto estratégia de monitoramento para estimativa da produtividade em bosques de mangue (Pool *et al.*, 1975). Apesar de ser um método indireto, sua operacionalização é relativamente simples, não destrutiva e de custo reduzido. Por tudo isso, o presente protocolo visa apresentar uma proposta de monitoramento da produção de serapilheira do manguezal para verificar os efeitos da elevação da concentração de CO_2, do aumento da temperatura do ar e da variação nas taxas de pluviosidade.

Figura 6-1. Serapilheira em bosque monoespecífico de *Rhizophora mangle.* Foto: Yara Schaeffer-Novelli.

Métodos

Definição da Área de Estudo e Periodicidade Amostral

Considerando a amplitude latitudinal da costa brasileira, o conceito de réplica proposto neste protocolo de procedimentos mínimos é flexível, podendo os experimentos serem planejados para responder questões em nível local (por exemplo, dois ou mais perfis ou transectos dentro de um mesmo manguezal) ou regional. Nesse caso, diferentes manguezais localizados ao longo de um segmento costeiro seriam representados por um ou mais perfis ou transectos que agrupados representariam réplicas daquela região (*i.e.*, Ecorregiões Marinhas, *sensu* Spalding *et al.*, 2007). Em outras palavras, nesta abordagem macroecológica, as ecorregiões marinhas seriam as regiões, e os manguezais dentro das regiões seriam as réplicas; enquanto bosques de mangue (perfis ou transectos) dentro de cada manguezal seriam as pseudorréplicas destinadas a capturar a variabilidade ambiental necessária.

Quanto ao uso da produção de serapilheira para fins de monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas, devem ser evitados trechos de extremo dinamismo sedimentar. Também se deve valorizar a diversidade de tipos fisiográficos, que podem ser franja/ribeirinho e bacia, quando existente; conforme classificação de Schaeffer-Novelli *et al.* (2000), pois cada tipo fisiográfico responderá distintamente quanto à produtividade.

Localmente, deve prevalecer a ideia de otimização do esforço amostral, disponibilidade de tempo e recursos logísticos do pesquisador quando da definição do número de pseudorréplicas. As cestas coletoras podem ser distribuídas dentro de parcelas fixas ou distribuídas dentro do bosque de mangue, dependendo de outros objetivos do pesquisador e de informações adicionais sobre a estrutura do bosque. Seja como for, sugere-se um mínimo de dez cestas coletoras em cada tipo fisiográfico (Figura 6-2).

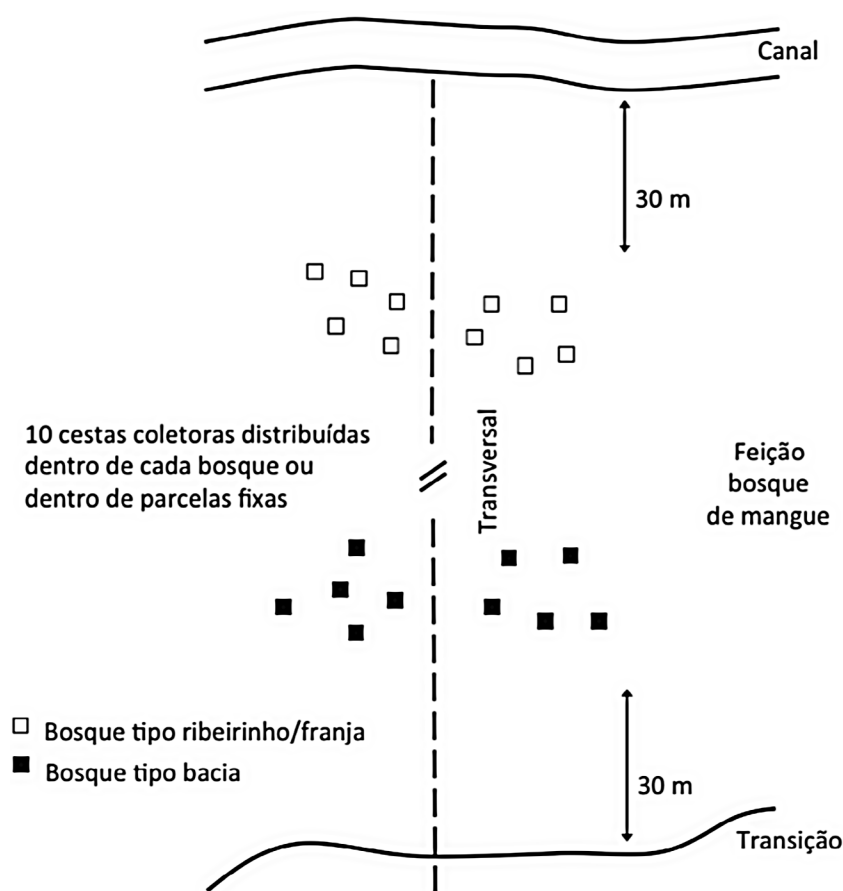



Figura 6-2. Delineamento amostral para monitoramento da produção de serapilheira.

As cestas coletoras devem ser confeccionadas em PVC, com 50 x 50 cm (0,25 m^2), tela de náilon com abertura de 2 mm e profundidade mínima de 30 cm, diminuindo assim a ação do vento na remobilização do material depositado no fundo das cestas (Figura 6-3). As cestas também podem ser confeccionadas em madeira, mas deve-se aumentar a atenção com a manutenção em função do risco de contaminação das amostras por fungos, o que pode tornar-se um fator limitante à posterior análise de nutrientes presentes na serapilheira. É fundamental que as cestas sejam suspensas acima da linha de preamar.

As cestas devem ficar permanentemente dispostas no mangue e as coletas devem ser periódicas (em intervalos aproximados de 28-30 dias) durante pelo menos três anos.

Atividades de Campo

Toda massa vegetal depositada na cesta coletora será coletada manualmente e depositada em sacos de papel em dias secos ou sacos plásticos em dias úmidos, devidamente etiquetados com o número de identificação de cada cesta coletora. Ao final da coleta, cada cesta coletora deve estar limpa de detritos. Sugere-se manutenção periódica das cestas, sempre que necessário. Os sacos de papel ou plástico devem ser cuidadosamente lacrados e levados ao laboratório, evitando-se a perda de massa vegetal durante o transporte.

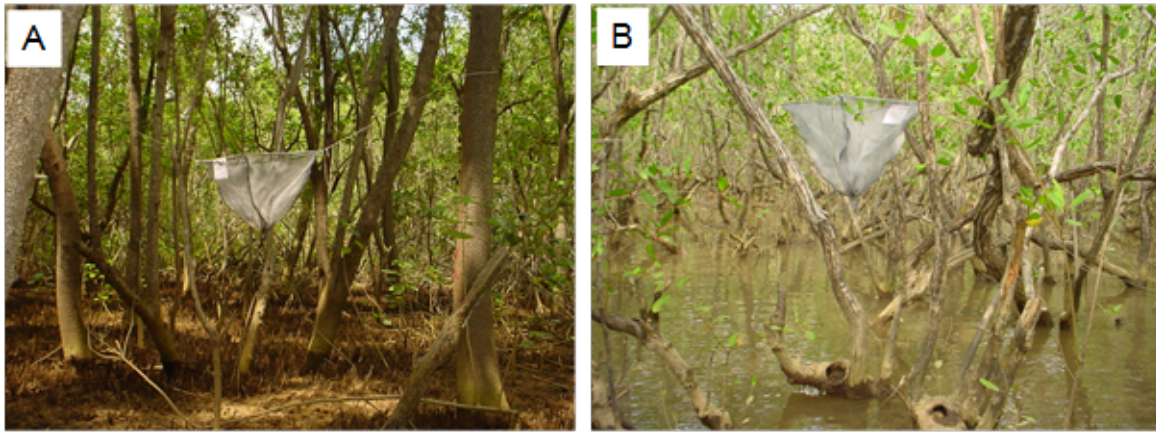



Figura 6-3 – Cestas coletoras de serapilheira em bosques de *Avicennia germinans* (A) e *Laguncularia racemosa* (B). Fotos: Elaine Bernini.

Processamento Laboratorial

A amostra de material vegetal, ainda fresco, de cada cesta coletora deve ser separadamente depositada em uma bacia plástica para facilitar a triagem em diferentes frações como folhas, madeira, propágulos, frutos, flores, estípulas, detritos não- identificáveis, sendo ainda possível a separação das frações folhas, propágulos, frutos e flores em função das espécies observadas. Atente-se para as dobras no fundo dos sacos de papel ou para a umidade das sacolas plásticas que podem reter material vegetal.

Uma vez que as mudanças climáticas, especialmente a variação pluviométrica, influenciam diretamente os períodos de floração e frutificação, torna-se importante detalhar as frações flores e propágulos/frutos presentes na serapilheira, tal como a contagem do número de frutos/propágulos e estípulas (exclusivas de *Rhizophora*) existentes na amostra.

Cada fração inicialmente triada deve ser novamente alocada em sacos de papel e levada para secagem em estufa (é preferível o uso de estufa com circulação forçada) até peso constante (60°C / 72 h) para posterior pesagem da massa seca. Os valores brutos de massa seca devem ser anotados, acompanhados de informações complementares como a data de coleta e o número de dias entre uma coleta e outra (ver exemplo, Tabela 6-1).

Tratamento e Análise de Dados

A produtividade do bosque será estimada em função da sua produção média diária (g/m^2/dia). Ressalta-se que a área de cada cesta coletora (0,25m^2) representa apenas uma quarta parte de 1 m^2. Então, o valor bruto de massa seca de cada fração deve ser multiplicado por 4 e dividido pelo número de dias entre cada coleta, resultando em valores de g/m^2/dia (exemplo, Tabela 6-2). As médias mensais de cada fração, acompanhadas do respectivo desvio padrão, serão obtidas a partir da somatória dos valores médios diários de cada cesta e dividida pelo número de cestas (ver exemplo, Tabela 6-3). Os valores obtidos em g/m^2/dia podem ser convertidos em t/ha/ano.

A avaliação das respostas da produção de serapilheira às mudanças climáticas será possível por meio de comparações entre manguezais situados em diferentes latitudes. Deve-se fazer uso de variáveis climáticas, especialmente temperatura (máxima, média, mínima), pluviosidade (médias mensais e anuais) e direção e velocidade dos ventos para correlacionar com as diferentes frações da serapilheira, principalmente a fração folha e a fração fruto/propágulos que normalmente representam mais de 75% do total de serapilheira.

Tabela 6-1. Valores brutos obtidos após a pesagem da matéria seca. O número de dias representa o período entre duas coletas. Exemplo com seis cestas coletoras.

		14/08/2002 JULHO		10/09/2002 AGOSTO		11/10/2002 SETEMBRO	
FRAÇÃO	CESTA	P. SECO (g)	DIAS	P. SECO (g)	DIAS	P. SECO (g)	DIAS
FOLHAS	1	1,701	28	3,278	27	5,237	31
	2	4,957	28	6,312	27	6,729	31
	3	4,552	28	7,607	27	4,950	31
	4	4,115	28	5,370	27	5,136	31
	5	4,497	28	5,317	27	5,232	31
	6	1,010	28	3,862	27	4,604	31
FLORES	1	0,005	28	0	27	0	31
	2	0,014	28	0	27	0	31
	3	0	28	0	27	0	31
	4	0	28	0	27	0	31
	5	0	28	0	27	0	31
	6	0,016	28	0	27	0	31
FRUT- -PROP	1	0,067	28	0,615	27	0	31
	2	0,351	28	0,381	27	0,696	31
	3	0	28	0	27	0	31
	4	0	28	0	27	0	31
	5	1,163	28	0	27	0,382	31
	6	0,236	28	1,790	27	0,664	31
MADEIRA	1	0	28	0,082	27	0	31
	2	0,259	28	0,066	27	0	31
	3	0	28	7,048	27	0,333	31
	4	0,026	28	0,139	27	0,075	31
	5	2,301	28	0,717	27	0	31
	6	0,695	28	0,133	27	0,081	31
ESTÍPULAS	1	0,08	28	0,576	27	0,699	31
	2	0,618	28	0,634	27	0,991	31
	3	0,136	28	0,471	27	0,387	31
	4	0,063	28	0,247	27	1,152	31
	5	0,231	28	0,326	27	0,818	31
	6	0,349	28	0,815	27	1,249	31
DETRITOS	1	0,093	28	0,331	27	0,126	31
	2	0,258	28	0,141	27	1,442	31
	3	0,232	28	0,141	27	0,095	31
	4	0,108	28	0,085	27	0,244	31
	5	0,362	28	0,622	27	0,501	31
	6	0,738	28	0,333	27	0,198	31
TOTAL GERAL	1	8,911	28	5,597	27	6,529	31
	2	7,451	28	8,146	27	9,858	31
	3	7,415	28	17,249	27	8,164	31
	4	8,612	28	7,731	27	9,152	31
	5	9,381	28	8,023	27	7,55	31
	6	3,683	28	7,485	27	7,198	31

Tabela 6-2. Valores médios diários (g/m²/dia) de cada cesta coletora. Exemplo com seis cestas coletoras.

		14/08/2002 JULHO g/m²/dia	10/09/2002 AGOSTO g/m²/dia	11/10/2002 SETEMBRO g/m²/dia
FRAÇÃO	CESTA			
FOLHAS	1	0,243	0,486	0,676
	2	0,708	0,935	0,868
	3	0,65	1,127	0,639
	4	0,588	0,796	0,663
	5	0,642	0,788	0,675
	6	0,144	0,572	0,594
FLORES	1	0,001	0	0
	2	0,002	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
	6	0,002	0	0
FRUT-PROP	1	0,01	0,091	0
	2	0,05	0,056	0,09
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0,166	0	0,049
	6	0,034	0,265	0,086
MADEIRA	1	0	0,012	0
	2	0,037	0,01	0
	3	0	1,044	0,043
	4	0,004	0,021	0,01
	5	0,329	0,106	0
	6	0,099	0,02	0,01
ESTÍPULAS	1	0,011	0,085	0,09
	2	0,088	0,094	0,128
	3	0,019	0,07	0,05
	4	0,009	0,037	0,149
	5	0,033	0,048	0,106
	6	0,05	0,121	0,161
DETRITOS	1	0,013	0,049	0,016
	2	0,037	0,021	0,186
	3	0,033	0,021	0,012
	4	0,015	0,013	0,031
	5	0,052	0,092	0,065
	6	0,105	0,049	0,026
TOTAL GERAL	1	1,273	0,829	0,842
	2	1,064	1,207	1,272
	3	1,059	2,555	1,053
	4	1,23	1,145	1,181
	5	1,34	1,189	0,974
	6	0,526	1,109	0,929

Tabela 6-3. Valores médios mensais (g/m²/dia), acompanhados de desvio padrão (DP) para cada fração da serapilheira. Exemplo com seis cestas coletoras.

	JULHO		AGOSTO		SETEMBRO	
CESTAS	1		2		3	
FRAÇÃO	Média	DP	Média	DP	Média	DP
FOLHAS	0,496	0,239	0,784	0,234	0,686	0,095
FLORES	0,001	0,001	0	0	0	0
FRUT-PROP.	0,043	0,063	0,069	0,103	0,037	0,043
MADEIRA	0,078	0,129	0,202	0,414	0,011	0,017
ESTÍPULAS	0,035	0,03	0,076	0,031	0,114	0,041
DETRITOS	0,043	0,034	0,041	0,03	0,056	0,066
TOTAL GERAL	1,082	0,295	1,339	0,612	1,042	0,161

AUTORES

Renato de Almeida – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
(autor para correspondência: renato.almeida.ufrb@gmail.com)

Elaine Bernini – Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Referências

Almeida, R. 2005. *Dinâmica da Serapilheira e Funcionamento do Ecossistema, Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.

Bernini, E.; Rezende, C.E. 2010. "Litterfall in a mangrove in Southeast Brazil". *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(4): 508-519.

Clough, B.F. 1992. "Primary productivity and growth of mangrove forests". pp. 225-249. In: Robertson, A.I.; Alongi, D.M. (Eds.). *Tropical Mangrove Ecosystems. Coastal and Estuarine Series*. Washington: American Geophysical Union.

Dittmar, T.; Hertkorn, N.; Kattner, G.; Lara, R.J. 2006. "Mangroves, a major source of dissolved organic carbon to the oceans". *Global Biogeochemistry Cycles*, 20: 1-7.

Donato, D.C.; Kauffman, J.B.; Murdiyarso, D.; Kurnianto, S.; Stidham, M.; Kanninen, M. 2011. "Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics". *Nature Geoscience*, 4(5): 293-297.

Ellison, J.C. 2012. *Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems*. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF).

Jennerjahn, T.C.; Ittekkot, V. 2001. "Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins". *Naturwissenschaften*, 89: 23–30.

Pool, D.J.; Lugo, A.E. & Snedaker, S.C. 1975. "Litter production in mangrove forests of Southern Florida and Puerto Rico". pp. 213-237. In: Walsh, G.; Snedaker, S.C.; Teas, H. (Eds.). *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves, Gainesville*, 1975. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, v.1.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M.L.G.; Tognella-de-Rosa, M. 2000. "Brazilian mangroves". *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 3: 561-570.

Spalding, M.D.; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z.A.; Finlayson, M.; Halpern, B.S.; Jorge, M.A.; Lombana, A.; Lourie, S.A.; Martin, K.D.; McManus, E.; Molnar, J.; Recchia, C.A.; Robertson, J. 2007. "Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas". *BioScience*, 57: 573-583.

Twilley, R.R. & Day, J.W. 1999. "The productivity and nutrient cycling of mangrove ecosystem". pp. 127-151. In: Yáñez-Aranciba, A. & Lara-Dominguez, A.L. (Eds.). *Ecosistemas de Manglar en America Tropical*. Instituto de Ecologia, A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA

Capítulo 7

MONITORAMENTO DA DINÂMICA VERTICAL DE SUBSTRATOS DOS ECOSSISTEMAS MANGUEZAL E MARISMA

André Scarlate Rovai, Clemente Coelho Junior, Ricardo Palamar Menghini

Foto: André S. Rovai

Introdução

Vários processos subsuperficiais são responsáveis pelas alterações na elevação de substratos inconsolidados (Boumans & Day-Jr 1993; Cahoon *et al.* 2002; Cahoon & Lynch 2010; McIvor *et al.* 2013; Stagg *et al.* 2013). Entre eles, destacam-se: o crescimento e a decomposição de raízes e/ou de matéria orgânica em geral; a expansão ou a contração do sedimento, bem como das raízes, considerando a maior ou menor presença de água, ou então, mudanças na pressão hidrostática da água subterrânea; e a compactação ou compressão dos sedimentos devido a natureza das partículas, bem como do peso do material acumulado sobre o substrato.

Hierarquicamente, tanto a estrutura quanto a funcionalidade dos manguezais são condicionados pela geomorfologia costeira e condições climáticas (Twilley *et al.*, 1999; Schaeffer-Novelli *et al.*, 2005 Twilley & Rivera-Monroy, 2005). Nesse sentido, manguezais e marismas são considerados ótimos indi-

cadores das mudanças climáticas, pois respondem estrutural e funcionalmente às alterações na frequência e durações das inundações (Schaeffer-Novelli *et al*., 2002; Soares, 2009). Várias hipóteses podem ser formuladas objetivando avaliar os efeitos das mudanças climáticas sobre os mais variados componentes que constituem estrutural e funcionalmente os manguezais. Uma delas está relacionada às alterações na dinâmica sedimentar em ambientes estuarinos e processos deposicionais/erosivos em planícies de inundação em resposta ao aumento do nível médio relativo do mar (NMRM), intimamente relacionado a padrões climáticos (Woodroffe, 1990; Snedaker, 1993; Blasco *et al*., 1996; Ellison, 1993; Soares, 2009), cujas projeções futuras apontam para um prolongamento dos períodos de estiagem em latitudes mais baixas e aumento na pluviosidade, bem como maior recorrência de eventos extremos em latitudes mais elevadas (Marengo, 2006).

Espera-se que manguezais localizados na transição entre as regiões tropical e subtropical consigam acompanhar a elevação do NMRM, pois haverá maior aporte pluvial e *run-off* continental, diluindo a salinidade intersticial e, consequentemente, reduzindo o estresse osmótico e elevando a produtividade do sistema (aérea e subterrânea), proporcionando, portanto, incrementos nas cotas altimétricas (níveis do substrato). De outra forma, manguezais das regiões equatoriais/tropicais serão mais impactados por processos erosivos em virtude de maiores déficits hídricos previstos (juntamente com menores aportes de sedimentos e nutrientes, *sensu* Syvitski, 2005); e o aumento na salinidade intersticial, resultará no declínio das taxas de produtividade e menor capacidade de manter o nível topográfico ideal. "Para testar hipóteses relacionadas a dinâmica vertical de substratos de manguezais e marismas alguns métodos são descritos a seguir."

Métodos

Definição da Área de Estudo

O delineamento amostral proposto baseia-se em Webb *et al.* (2013), diferindo somente na contextualização das unidades amostrais (réplicas). Considerando a necessidade de seleção de áreas vulneráveis para o monitoramento, ou seja, áreas mais suscetíveis aos possíveis impactos decorrentes do aumento do NMRM (*sensu* Ellison, 2012), o universo amostral proposto por Webb *et al.* (2013), em escala local (perfil ou transecto), foi adaptado de forma a compreender as duas zonas mais vulneráveis encontradas ao longo de um perfil de inundação: a franja do bosque de mangue e o ambiente de transição desse com outras feições típicas de manguezais (apicum e/ou clareira topográfica) ou com ecossistemas adjacentes (vegetação de restinga, duna, encosta ou mata atlântica) (Soares, 2009) (Figura 7-1).

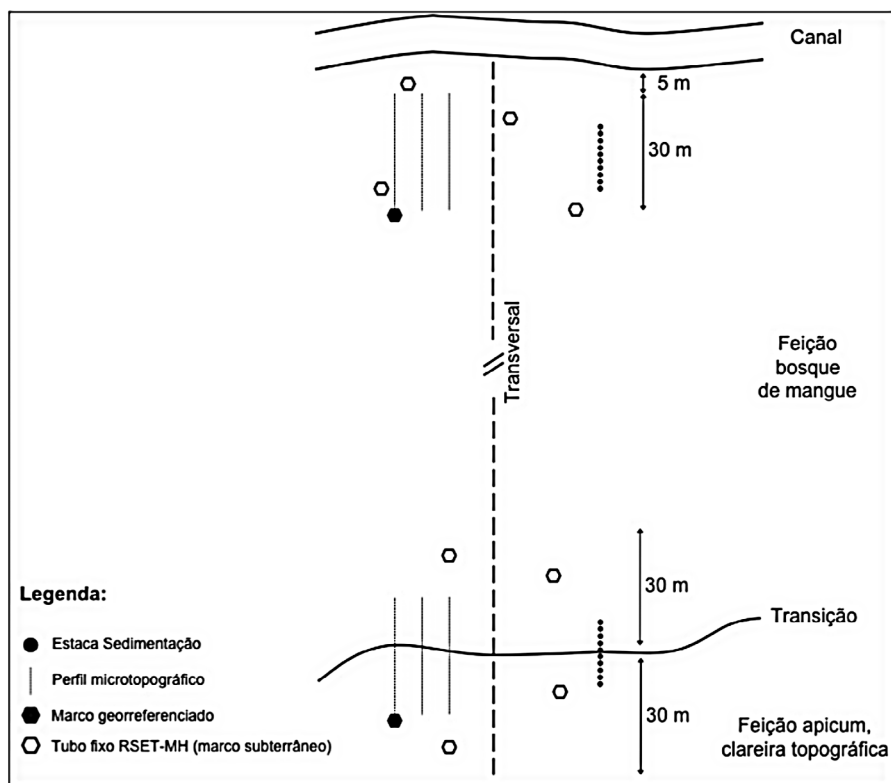



Figura 7-1. Delineamento amostral para o monitoramento da dinâmica sedimentar (estacas de sedimentação, perfil microtopográfico; RSET-MH). Fora de escala.

Igualmente, subindo um nível de observação (escala de *setting* geomorfológico; Thom, 1982) faz-se necessário selecionar áreas vulneráveis dentro do sistema estuarino ou costeiro, ou seja, áreas mais sujeitas às intempéries oceânicas. Esse é o cenário encontrado na foz de rios ou estuários. Ainda há de se considerar trechos dentro dessa zona (estuário inferior) livres de situações extremas de dinamismo sedimentar como meandros, por exemplo, por serem áreas onde se verifica uma maior influência de pro- e retrogradação.

Finalmente, considerando a amplitude latitudinal da costa brasileira, o conceito de réplica proposto neste protocolo de procedimentos mínimos é flexível, podendo os experimentos serem planejados para responder questões em níveis local (por exemplo, dois ou mais perfis ou transectos dentro de um mesmo manguezal) ou em nível regional, nesse caso, diferentes manguezais localizados ao longo de um segmento costeiro, cada um representado por um ou mais perfis ou transectos agrupados representariam réplicas de uma região (*i.e.*, Ecorregiões Marinhas, *sensu* Spalding *et al.*, 2007). Em outras palavras, nessa abordagem macroecológica, as ecorregiões marinhas seriam as regiões; e os manguezais dentro das regiões seriam as réplicas daquela região; bosques de mangue (perfis ou transectos) dentro de cada manguezal seriam as pseudorréplicas destinadas a captar a variabilidade ambiental necessária, e assim em diante.

Perfil Microtopográfico

São apresentados 2 métodos para determinação da microtopografia: (1) vasos comunicantes (Princípio ou Lei de Pascal) e (2) estação total.

Esses métodos vêm sendo largamente utilizados em manguezais no Brasil, tanto para a caracterização (Coelho-Jr, 1998, *no prelo*; Pellegrini, 2000; Cunha-Lignon, 2001; Souza, 2004; Barcellos *et al.*, 2011), quanto para o monitoramento da microtopografia de manguezais impactados e/ou em recomposição natural (Menghini, 2004; 2008).

A topografia deve ser caracterizada com rede amostral regular, abrangendo as áreas de franja do bosque e de transição com a feição do manguezal (por exemplo, apicum, clareira de origem topográfica) ou com o ecossistema adjacente (vegetação de restinga, mata atlântica, etc.).

Devem ser delimitados três perfis ou transversais, distantes 2 m entre si, de forma a compor a malha amostral (1 x 2 m). Os perfis devem ter cerca de 30 m (dependendo da fisiografia do bosque) e ser delimitados do interior do bosque em direção à margem com o canal (curso d'água), distando deste cerca de 35 m (Figura 7-1).

Após determinado o rumo, perpendicular à margem do canal, com auxílio de bússola, estica-se uma trena (30 ou 50 m) na direção a ser seguida.

1) Perfil Microtopográfico – Vasos Comunicantes

- Fixar estação georreferenciada (marco; *DATUM*) em área externa ao manguezal, com precisão vertical mínima de 5 cm, devidamente ajustada com o *DATUM* oficial (por exemplo, IBGE etc.). Alternativamente, podem ser utilizados marcos conhecidos, pré-existentes, desde que ajustados ao *DATUM* oficial;
- Fixar pontos de referência georreferenciados no manguezal (marco; *DATUM*), o qual posteriormente deve ser ajustado com o marco instalado fora do manguezal;
- Os marcos a serem instalados no manguezal devem ser construídos *in loco* com tubos de PVC (3 m de comprimento; 5 cm de diâmetro), os quais devem ser enterrados verticalmente na lama, deixando uma porção de 10-20 cm emersa (acima da superfície do sedimento). Depois de enterrado, a parte emersa do tubo de PVC deve ser preenchida com cimento de secagem rápida e um marco de cobre deve ser posicionado na superfície (abertura) do tubo de PVC;
- A partir do marco instalado dentro do manguezal, estabelece-se um valor de referência, do seguinte modo: fixa-se a régua-base sobre o marco e registra-se a leitura do nível da água na mangueira, associado ao valor da régua (Figura 7-2);
- Em seguida, fixa-se a segunda régua no local a ter seu nível determinado. O valor de referência na régua-base é restabelecido, e feita a leitura na segunda régua, com precisão de 0,1 cm. A variação dos valores na segunda régua corresponde, em ordem inversa, à elevação ou depressão do terreno;
- As medidas devem ser tomadas em intervalos de 1 metro (Figura 7-2 A e B);
- Repita as medições em intervalos anuais, preferencialmente sempre no mesmo mês, para evitar erros de interpretação relacionados à variações estacionais.

Nota 1: caso não se tenha acesso ao nível de referência (estação IBGE), sugere-se demarcar ponto fora do manguezal para posterior anotação com equipamento geodésico específico.

Nota 2: Os rumos dos perfis podem ser direcionados com auxílio de bússola.

2) Perfil Microtopográfico – Estação Total

Seguir os três primeiros passos descritos no item acima, tendo como base a estação do nível de referência (Estação) (Vasos comunicantes). Por meio do Banco de Dados Geodésicos (BDG), a Coordenação de Geodésia (CGED) do IBGE fornece a toda comunidade técnico-científica nacional informações geodésicas utilizadas em projetos de engenharia, mapeamento e estudos científicos. As informações mais frequentemente solicitadas são as de altitudes das estações verticais (Referências de Nível, RRNN) do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), para utilização em estudos em que o desnível ou a declividade são exigidos.

Posicionar o equipamento-base de *estação total* sobre o marco instalado fora do manguezal e a haste da *estação total* dentro do manguezal (ou o mais próximo possível, caso o manguezal esteja distante do marco), em pontos sobre o substrato onde se deseja registrar os valores altimétricos. As medidas devem ser tomadas em intervalos de 1, 2 ou 5 metros, dependendo do tamanho e da variação altimétrica do perfil adotado (Figura 7-2 C e D).

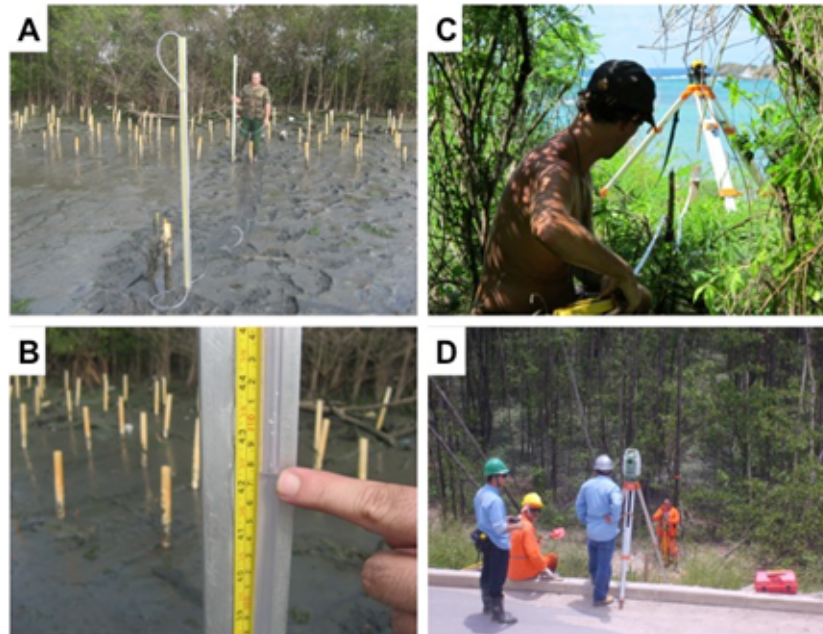



Figura 7-2. Método dos vasos comunicantes (A) com detalhe da leitura do nível da água na régua graduada (B) empregado para determinação da dinâmica sedimentar em área de manguezal (objeto de recuperação ambiental no estuário de Santos/SP). Método da estação total empregado durante pesquisa para caracterização de perfil praial associado a um manguezal interdunal em Fernando de Noronha/PE (C) e, durante avaliação de dano ambiental causado por construção de rodovia em manguezal de Recife/PE (D). Fotos: Clemente Coelho-Jr.

Análise dos Dados de Perfil Microtopográfico

A representação gráfica de mudanças ao longo do tempo pode ser produzida com auxílio de programas computacionais como, por exemplo, *SURFER* 8.0 (2002, *Golden Software*, Inc.), visando elaboração de modelos numéricos do terreno (Figura 7-3). Considerando medidas consecutivas (replicação temporal) as diferenças topográficas entre cada ponto de coleta (malha amostral) podem ser produzidas padronizando-se um ponto fixo (marco, *DATUM*), cujos valores de ambas as datas são igualados. A partir deste ponto as diferenças topográficas são, então, determinadas.

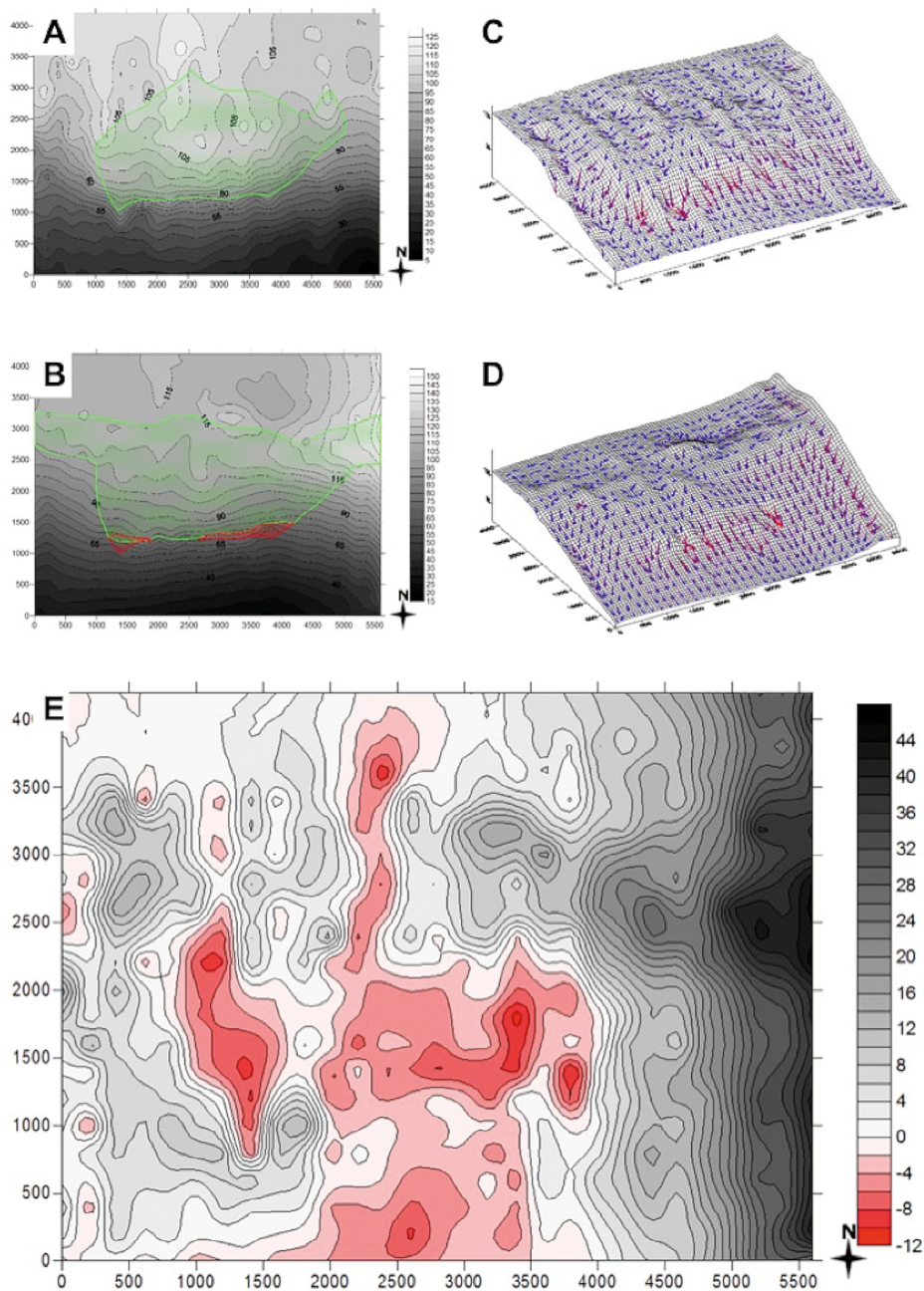



Figura 7-3. Mapas de contorno topográfico com curvas de nível e localização do bosque de mangue (A - polígono verde; 2004) e áreas com mortalidade de indivíduos (B - polígonos vermelhos; 2008) em função de processo erosivo registrado para um bosque-mangue localizado na Baixada Santista, SP (Menghini 2008; Menghini *et al* 2011). Sobreposição do modelo de superfície 3D (wireframe) com malha vetorial representando o sentido da drenagem terrestre no terreno em 2004 (C) e 2008 (D). Dinâmica sedimentar entre os anos de 2004 e 2008 (E). Os valores (em centímetros) positivos (gradiente cinza) são referentes ao aumento na cota do terreno gerado por processo de sedimentação/colonização de vegetação e os valores negativos (gradiente vermelho) são referentes ao rebaixamento na cota do terreno por erosão/morte de vegetação. Figuras extraídas de Menghini (2008).

Dinâmica Vertical do Substrato

Para estudo da dinâmica vertical do substrato sugere-se as seguintes metodologias: (1) estacas de sedimentação e (2) mesa de sedimentação–erosão.

1) Dinâmica Vertical – Estacas de Sedimentação

Complementar ou alternativo ao monitoramento do perfil microtopográfico, o método das estacas de sedimentação mostra-se eficiente na determinação de variações verticais do substrato dos manguezais (Gilman *et al.*, 2007), resultantes de processos deposicionais (aporte de material orgânico, sedimentos alóctones etc.) e de subsidência (decomposição de detritos orgânicos no sedimento) ou erosão.

Um número mínimo de 30 estacas de sedimentação deve ser instalado por sítio, sendo 15 na franja do bosque, próximo à margem do canal (curso d'água) e outras 15 na zona entre a porção mais interna do bosque de mangue e a feição apicum/clareira topográfica, restinga, ecótonos (Figura 7-4). As estacas devem ser dispostas em linha reta distando 1 m entre si.

- Selecione um local livre de pisoteio contíguo às parcelas permanentes para o monitoramento da vegetação;
- Instale, no sedimento, uma fileira formada por 10 estacas de sedimentação, distantes 1 m umas das outras. As estacas devem ser introduzidas a 50 cm de profundidade no sedimento, deixando uma porção emersa de 30 cm acima do nível do substrato (Figura 7-4);
- Posicione o nível de pedreiro* sobre a estaca e registre na planilha de campo a medida de altura em relação ao substrato distando, no mínimo, 5 cm para a face da estaca (Figura 7-4). Esse procedimento objetiva evitar erros de leitura relacionados à depressão normalmente formada ao redor das estacas. Meça cada estaca individualmente, necessariamente do mesmo lado (por exemplo, lado voltado para o canal, curso d'água). Registre essa informação nas planilhas de campo e eletrônica (por exemplo, Excel) para evitar erros futuros nas mensurações;
- Repita as medições em intervalos anuais, preferencialmente no mesmo mês para evitar erros de interpretação relacionados a variações sazonais (Ellison, 2012).

Figura 7-4. Mensuração de estaca de sedimentação. Foto: Clemente Coelho-Jr.

Análise dos Dados – Estaca de Sedimentação

Em cada sítio de observação, as taxas de alteração na elevação do substrato (sedimentação/erosão) devem ser calculadas conforme Ellison (2012):

$$Alteração\ média\ (mm) = \frac{Total\ de\ (1^{a}\ medida - 2^{a}\ medida)}{Número\ de\ estacas}$$

$$Taxa\ de\ alteração\ (mm/ano) = \frac{Alteração\ média \times 365}{Número\ de\ dias\ entre\ medidas}$$

* A Utilização do nível de pedreiro objetiva assegurar que as medidas sejam tomadas horizontalmente em relação ao topo da estaca.

Resultados negativos indicam que o sítio está sendo erodido, enquanto que positivos indicam que o sítio está sendo acrescido.

2) Dinâmica Vertical – Mesa de Sedimentação-Erosão (RSET-MH)

A mesa de sedimentação-erosão (*Rod Surface Elevation Table-Marker Horizon* - RSET-MH) é um método de alta precisão, desenvolvido para monitoramento de alterações na elevação de substratos inconsolidados (Boumans & Day-Jr, 1993; Cahoon *et al.*, 2002; Cahoon & Lynch, 2010; McIvor *et al.*, 2013; Stagg *et al.*, 2013).

Esse método vem sendo aplicado há mais de uma década em diversas localidades no mundo (Cahoon & Lynch, 2010). Ainda mais, esse método foi recentemente proposto como protocolo para monitoramento, em nível global, das alterações na elevação de substratos de zonas úmidas costeiras frente aos impactos causados pela elevação do NMRM, considerando assim, a integralização de redes de cooperação internacionais (Webb *et al.*, 2013).

A metodologia do RSET-MH combina (1) medidas de altura do solo acima da camada-base, geralmente uma camada de material consolidado, ou então, bastante coeso, no caso de áreas de depósitos sedimentares profundos; (2) com medidas de acréscimo sedimentar superficial tomadas a partir de marcos horizontais (Figura 7-5).

O método permite a mensuração de alterações na elevação do substrato em relação a uma camada de referência, consolidada e estável (depósitos sedimentares mais profundos), livres de movimentações verticais decorrentes de processos de produção e/ou decomposição de material orgânico, encharcamento e expansão térmica da água intersticial. A integração das medidas de alteração na elevação do substrato com as medidas de acréscimo sedimentar permite que a magnitude das alterações subsuperficiais sejam calculadas, representando uma grande vantagem sobre os métodos descritos anteriormente, os quais se limitam a detectar mudanças na altitude (elevação) do terreno ou na dinâmica sedimentar (erosão/deposição).

O equipamento consiste em (1) um longo tubo enterrado no sedimento, até o ponto de resistência mecânica à penetração do solo (marco subterrâneo estável), o qual é deixado permanentemente no campo; e (2) um conjunto de medições portátil (RSET-MH) posicionado sobre o ponto fixo (tubo enterrado) a cada coleta de dados (Figura 7-5). O tubo enterrado atua como ponto de referência, o qual deverá ser mantido estável ao longo do tempo, a menos que a camada consolidada seja afetada por eventos tectônicos. Em complementação, marcos horizontais devem ser implantados para se estimar a taxa de sedimentação, informação necessária para o cálculo da alteração da elevação subsuperficial do substrato (Figura 7-5 C). Esses marcos consistem em uma camada de feldspato em pó disposta sobre o sedimento em área conhecida e devidamente identificada (Figura 7-5 C). Com o passar do tempo, amostras de perfil são coletadas para verificação do acréscimo sedimentar em milímetros ou centímetros (Figura 7-5 D).

Em nível de perfil ou transecto (escala bosque de mangue; *sensu* Schaeffer-Novelli *et al.*, 2005), o delineamento amostral consistirá de duas estações de coleta de dados, sendo uma na franja do bosque, próximo à margem do canal, e outra na zona entre a porção mais interna do bosque e a feição apicum/clareira topográfica, restinga, ecótono (Figura 7-5). Em cada estação deverão ser instalados quatro tubos fixos (marcos subterrâneos estáveis), aleatoriamente, distantes entre si considerando uma escala de dezenas de metros (mínimo de 30 m). Ao redor de cada tubo fixo devem ser instalados cinco marcos horizontais para o monitoramento do acréscimo sedimentar superficial, totalizando vinte marcos horizontais, por estação de coleta (n=40 por transecto).

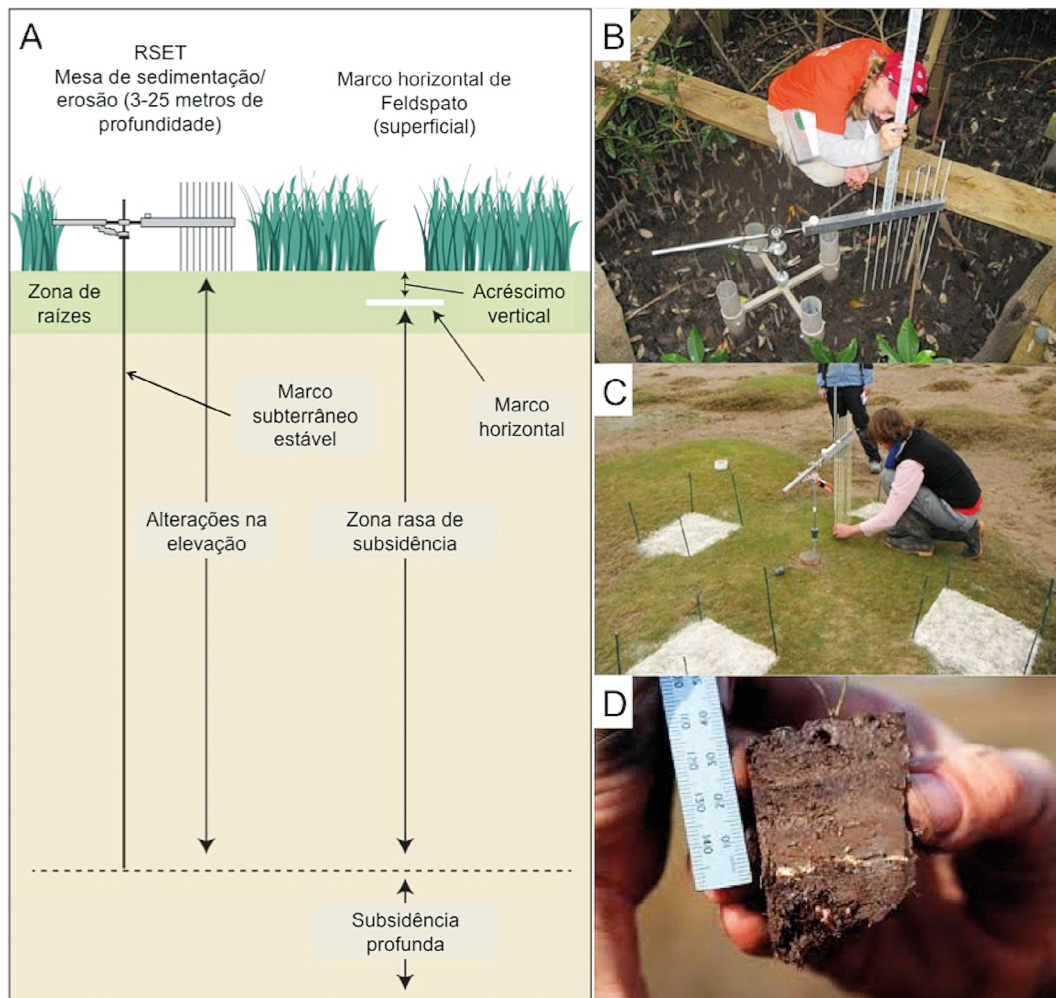



Figura 7-5. A - Perfil esquemático da mesa de sedimentação-erosão (RSET-MH) para o monitoramento de alterações na elevação de substratos inconsolidados. B - Pesquisador registrando medidas a partir do conjunto de medição em área de manguezal. C - Marcos horizontais recém-instalados ao redor do tubo fixo (marco subterrâneo). D – Exemplo de amostra extraída com core para mensuração da taxa de acréscimo sedimentar superficial. Imagens extraídas e modificadas de Cahoon & Lynch (2010) e McIvor *et al.* (2013).

Os procedimentos de campo, inicialmente, são mais dispendiosos quando comparados aos métodos expostos anteriormente, porém apresentam a vantagem de permanecer íntegros por período de tempo bastante superior. Uma breve descrição quanto à execução das etapas de instalação e coleta de dados é apresentada a seguir:

- Plataformas de madeira, alumínio ou outro material resistente, móveis ou fixas, devem ser previamente instaladas em campo. Essas plataformas serão utilizadas para evitar o pisoteio da área (superfície do sedimento) a ser monitorada. A partir dessas plataformas será instalado o tubo fixo (marco subterrâneo estável) que receberá o conjunto de medição (RSET-MH), bem como onde serão realizadas as medidas das alterações na elevação do substrato (monitoramento);
- Obs.: O roteiro metodológico para instalação do tubo fixo que compõe o marco subterrâneo estável, bem como opções disponíveis em termos de materiais e tecnologias, são descritos em detalhe por Cahoon & Lynch (2010). Considerando a complexidade do processo de instalação, bem como a riqueza de detalhes provida pelos autores-inventores deste método recomenda-se consulta à fonte original. Desse modo, este tópico limita-se a explicitar os procedimentos de coleta de dados em campo, considerando sua lógica e vantagens sobre outros métodos, conforme discutido anteriormente;

- Os tubos fixos (marcos subterrâneos) deverão ser georreferenciados, com precisão vertical mínima de 5 cm, o qual deve ser ajustado com *DATUM* oficial (por exemplo, IBGE etc.), permitindo assim o cruzamento dos dados de elevação com registros de variações do NMRM (como dados de marégrafos ou *data-loggers* instalados próximos ou na área de estudo);
- O conjunto de medições portátil (RSET-MH) consiste em um braço articulado ao longo do qual um jogo de varetas móveis é disposto (Figura 7-5). Em campo, esse conjunto é acoplado a uma base fixa (marco subterrâneo estável) previamente instalada;
- O nível (ângulo de 90º) em relação à superfície do sedimento é ajustado no braço articulado e as alterações na elevação do substrato são registradas a partir das variações nas alturas do jogo de varetas. As medidas são tomadas na porção das varetas localizadas acima do braço articulado (Figura 7-5B);
- Devem ser registradas medidas nas quatro direções (quadrantes) em relação ao tubo enterrado;
- Para se estimar a taxa de sedimentação, informação necessária para o cálculo da alteração da elevação subsuperficial do substrato, marcos de acréscimo sedimentar superficial (marcos horizontais) devem ser implantados (Fig. 7-5). Tais marcos são confeccionados com feldspato em pó espalhado sobre a superfície do sedimento (área conhecida, *i.e.*, *quadrats* de 50 x 50 cm), que deverá formar uma camada de cor e textura características (branca e coesa). Ao longo do tempo, espera-se que esse marco seja gradativamente recoberto por camada se sedimento. Portanto, recomenda-se marcar com estacas de PVC ao menos um dos vértices de cada marco horizontal;
- A coleta de material para estimar a taxa de sedimentação deve ser feita com um *core* (diâmetro variável, entre 3-5 cm) e a leitura da espessura do material depositado sobre a camada de feldspato feita com régua graduada em milímetros (Figura 7-5D). Recomenda-se que duas amostras sejam coletadas para obter uma medida de variabilidade por marco horizontal;
- As medições devem ser registradas em intervalos anuais. Em caso de intervalos inferiores a um ano, um maior número de marcos horizontais é desejável, considerando que com o passar do tempo a área (*i.e.*, cm^2) do marco será completamente amostrada;
- Repita as medições em intervalos anuais, preferencialmente, sempre no mesmo mês para evitar erros de interpretação relacionados a variações estacionais.

Os materiais necessários, bem como um roteiro metodológico para construção dos kits RSET-MH originais (Figura 7-5), são descritos em detalhe por Cahoon *et al.*, (2002) e Cahoon & Lynch (2010). Alternativamente, um modelo análogo ao RSET-MH, de baixo custo, desenvolvido pelo Núcleo de Estudos do Mar – NEMAR, da Universidade Federal de Santa Catarina, encontra-se em fase de testes.

Análise dos Dados – Mesa de Sedimentação-Erosão

Os dados gerados a partir das leituras das alterações na elevação do substrato, conjunto composto por braço articulado e jogo de varetas, são utilizados para calcular a taxa de alteração na elevação do substrato em relação a camada consolidada que seria o ponto de resistência mecânica à penetração do solo ou marco subterrâneo estável. Em contrapartida, os marcos horizontais (ou de acréscimo sedimentar superficial) fornecerão informações sobre as taxas de acréscimo de sedimento. Desse modo, subtraindo a taxa de acréscimo da taxa de alteração na elevação do substrato em relação a camada consolidada, é possível calcular a taxa de alteração subsuperficial conforme equação:

$$AES = Ac + ASS$$

Onde: AES = Alteração na elevação do substrato (mm/ano)

Ac = Acréscimo (mm/ano)

ASS = Alteração subsuperficial (mm/ano)

Variáveis Ambientais

Além da coleta de dados sobre dinâmica vertical do substrato de manguezais e marismas, é interessante que a cada campanha amostral sejam obtidas informações das seguintes variáveis:

- Séries históricas de pluviosidade; temperatura; vazão dos rios;
- Recorrência de eventos extremos.

Outras variáveis como, por exemplo, salinidade intersticial, taxas de produção de biomassa subterrânea, taxas de decomposição da matéria orgânica no sedimento e turbidez dos corpos d'água, podem ser incorporadas aos procedimentos descritos neste protocolo. Tais variáveis poderão auxiliar no entendimento de questões relacionadas a movimentação vertical do substrato. Aumento na salinidade intersticial, por exemplo, pode indicar maior intrusão e predominância de água marinha no ambiente.

A água do mar contém maiores quantidades de sulfato, que por sua vez é um dos principais "combustíveis" das bactérias redutoras presentes nos sedimentos de manguezais e marismas. Desse modo, espera-se um aumento na atividade bacteriana seguido de um decréscimo (redução) na quantidade de matéria orgânica. Paralelamente, maiores níveis de salinidade exercem papel estressor para as comunidades vegetais típicas de manguezais e marismas, com impactos negativos sobre a produtividade do sistema. Considerando maior salinidade e menores taxas de produção de material vegetal (raízes), espera-se que ocorra subsidência e erosão do substrato, impossibilitando qualquer compensação em relação à elevação do nível do mar.

Nesse sentido, é imprescindível que sejam adotadas metodologias consagradas, disponíveis na literatura internacional. Ademais, recomenda-se que a mensuração destas variáveis seja compatível espacial e temporalmente com o delineamento amostral ora proposto e que o esforço amostral, número de unidades amostrais ou réplicas, seja suficiente para captar a variabilidade ambiental.

AUTORES

André Scarlate Rovai – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
(autor para correspondência: asrovai@gmail.com)

Clemente Coelho Junior – Universidade de Pernambuco – UPE e Instituto BiomaBrasil

Ricardo Palamar Menghini – Ministério Público do Estado de São Paulo e
Instituto BiomaBrasil

Referências

Barcellos, R.L.; Coelho-Jr, C; Travassos, P.E.P.F.; Silva, M.S.; Lins, S.R.R.M.; Camargo, P.B. 2011. "Morphological and sedimentary short term variations in an oceanic island. Sueste beach system, Fernando de Noronha Island, South Atlantic, Brazil". *Journal of Coastal Research (SI)*, 64.

Blasco, F.; Saenger, P.; Janodet, E. 1996. "Mangrove as indicators of coastal change". *Catena*, 27: 167-178.

Boumans, R.; Day, J.r., 1993. "High precision measurements of sediment elevation in shallow coastal areas using a sedimentation-erosion table". *Estuaries*, 16:375-380.

Cahoon, D.R.; Lynch, J. 2010. *Surface elevation table (SET): U.S. Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center.* Disponível em: <http://www.pwrc.usgs.gov/set/>. Acesso em: Outubro 2013.

Cahoon, D.R.; Lynch, J.C.; Perez, B.C.; Segura, B.; Holland, R.; Stelly, C.; Stephenson, G.; Hensel, P. 2002. "A device for high precision measurement of wetland sediment elevation: II. The rod surface elevation table". *Journal of Sedimentary Research*, 72(5):734-739.

Coelho Jr, C. 1998. *Desenvolvimento estrutural de bosques de mangue ao longo de gradientes de inundação - Cananéia, São Paulo*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 100.

Coelho-Jr, C. (no prelo) *Gradiente de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil*. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgcimang80_Junior.pdf>. Acesso em: Agosto 2013.

Cunha-Lignon, M. 2001. *Ecologia de Manguezais: Dinâmica do manguezal no sistema de Cananéia-Iguape, Estado de São Paulo – Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 105.

Ellison, J.C. 1993. "Mangrove retreat with rising sea-level, Bermuda". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37: 75-87.

Ellison, J.C. 2012. *Climate change vulnerability assessment and adaptation planning for mangrove systems*. Washington DC: World Wildlife Fund. p. 130. Disponível em: <http://worldwildlife.org/publications/climate-change-vulnerability-assessment-and- adaptation-planning-for-mangrove-systems.>

Gilman, E.; Ellison, J.; Sauni Jr., I.; Tuaumu, S. 2007. Trends in surface elevations of American Samoa mangroves. *Wetlands Ecology and Management*, 15: 391– 404.

Marengo, J. A. 2006. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília: MMA, Série Biodiversidade, v. 26.

McIvor, A.L.; Spencer, T.; Möller, I.; Spalding. M. 2013. T*he response of mangrove soil surface elevation to sea level rise. Natural Coastal Protection Series: Report 3. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 42.* Published by The Nature Conservancy and Wetlands International. p. 59. Disponível em: <http://coastalresilience.org/science/mangroves/surface-elevation-and-sea-level-rise>.

Menghini, R.P. 2004. *Ecologia de Manguezais: Grau de Perturbação e processos regenerativos em bosque de mangue da Ilha Barnabé, São Paulo, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 96.

Menghini, R.P. 2008. *Dinâmica da recomposição natural de bosques de mangue impactados: Ilha Barnabé (Baixada Santista, SP, Brasil)*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 206p.

Menghini, R.P.; Coelhor-Jr, C.; Rovai, A. S.; Cunha-Lignon, M.; Schaeffer-Novelli e Cintrón, G. 2011. "Massive mortality of mangroves forests in Southeast Brazil (Baixada Santista, State of São Paulo) as a result of harboring activities". *Journal of Coastal Research* (SI), 64: 1793-1797.

Pellegrini, J.A.C. 2000. *Caracterização da planície hipersalina (apicum) associado a um bosque de mangue em Guaratiba* – Baía de *Sepetiba – RJ*. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 101.

Schaeffer-Novelli Y.; Cintrón, G.; Cunha-Lignon, M.; Coelho-Jr., C. 2005. "A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a Janus-like approach". *Journal of Coastal Research* (SI), 42:1-7.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Soares, M. L. G. 2002. "Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world". pp. 245-262. In: Healy, T.; Wang, Y.; Healy, J.-A. (Eds.). *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Function*. Elsevier Science B.V.

Snedaker, S.C. 1993. Impacts on mangroves. pp. 282-305. In: G. A. Maul (ed), *Climate change in the intra-american seas: implications of future climate change on the ecosystems and socio-economic structure of the marine and coastal regimes of the Caribbean Sea, Gulf of Mexico, Bahamas and N.E. Coasts of S. America*. Edward Arnold, London.

Soares, M.L.G. 2009. "A conceptual model for the responses of mangrove forests to sea level rise". *Journal of Coastal Research* (SI), 56:267-271.

Souza, F.E.S. 2004. *Evolução morfodinâmica da região de influência estuarina do Rio Curimataú/RN, com ênfase nas alterações do ambiente deposicional de manguezal e a integração de geodados em SIG.* Tese de Doutorado. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 150p.

Spalding, M.D.; Fox, H.E.; Allen, G.R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z.A.; Finlayson, M.; Halpern, B.S.; Jorge, M.A.; Lombana, A.; Lourie, S.A.; Martin, K.D.; McManus, E.; Molnar, J.; Recchia, C.A.; Robertson, J. 2007. "Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas". *BioScience*, 57: 573-583

Stagg, C.L.; Sharp, L.A.; McGinnis, T.E.; Snedden, G.A. 2013. *Submergence vulnerability index development and application to coastwide reference monitoring system sites and coastal wetlands planning, protection and restoration act projects: U.S. Geological Survey Open-File Report 2013–1163*. p. 12. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov/ of/2013/1163/>.

Syvitski, J.P.M.; Vörösmarty, C.J.; Kettner, A.J.; Green, P. 2005. "Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean". *Science*, 308(5720): 376–380.

Thom, B.G. 1982. "Mangrove ecology – a geomorphological perspective". pp. 3–17. In: Clough, B.F. (Ed.) *Mangrove Ecosystems in Australia*. Canberra: Australian National University Press.

Twilley, R.R.; Rivera-Monroy, V.H.; Chen, R.; Botero, L. 1999. "Adapting an ecological mangrove model to simulate trajectories in restoration ecology". *Marine Pollution Bulletin*, 37: 404–419.

Twilley, R.R.; Rivera-Monroy, V.H. 2005. "Developing performance measures of mangrove wetlands using simulation models of hydrology, nutrient biogeochemistry and community dynamics". *Journal of Coastal Research*, 40: 79–93.

Webb, E.L.; Friess, D.A.; Krauss, K.W.; Cahoon, D.R.; Guntenspergen, G.R.; Phelps, J. 2013. "A global standard for monitoring coastal wetland vulnerability to accelerated sea-level rise". *Nature Climate Change*, 3: 458-465.

Woodroffe, C.D. 1990. "The impact of sea level rise on mangroves shorelines". *Progress in Physical Geography*, 14: 483-520.

Capítulo 8

MONITORAMENTO DOS ECÓTONOS ENTRE MANGUEZAL E MARISMA E ENTRE MANGUEZAL E VEGETAÇÃO DE RESTINGA

Sarah Charlier Sarubo, Marília Cunha Lignon, Yara Schaeffer-Novelli

Foto: Marília C. Lignon

Introdução

O aumento do nível médio relativo do mar (NMRM) poderá ser uma das maiores ameaças ao ecossistema manguezal nas próximas gerações (Duke, 2001; Fromard *et al.*, 2004; Duke *et al.*, 2007; Giri *et al.*, 2011; Cunha-Lignon *et al.*, 2011).

Schaeffer-Novelli (1999) ressalta que devem ser considerados alguns aspectos importantes no que diz respeito aos efeitos das mudanças climáticas (MCs) sobre o ecossistema manguezal, como a existência de locais de provável refúgio (na retroterra), no caso de um deslocamento do bosque de mangue em direção à terra firme, aumento do aporte de sedimento e consequentes efeitos dos processos geomorfológicos: erosão, sedimentação, subsistência e progradação.

Nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, a alteração de variáveis ambientais poderia afetar diretamente alguns ecossistemas, marismas e faixas de transição para restinga, produzindo mudanças correspondentes na estrutura e funcionamento dos componentes vivos, alterando assim, os limites desses ecossistemas. Para a faixa de transição com a terra firme, a substituição das espécies desse ecótono se daria devido às inundações pelas preamares e o consequente aumento da salinidade no sedimento, favorecendo substituição por espécies típicas de mangue ou por outras espécies psamohalófitas. Os espaços das restingas seriam erodidos e os sedimentos retrabalhados. As espécies vegetais típicas de mangue, localizadas próximas à transição com a terra firme, são mais adaptadas aos sedimentos arenosos e às baixas frequências de inundações e seriam privilegiadas na competição pelo substrato (Schaeffer-Novelli, 1999).

Os ecótonos podem ocorrer em múltiplas escalas espaciais, variando desde transições de escalas globais entre biomas a ecótonos de pequena escala, onde as comunidades vegetacionais locais e micro-habitats coincidem (Kark & van Rensburg, 2006).

Coelho-Jr (2003) concluiu que na região de Cananéia, litoral sul do Estado de São Paulo, a dinâmica dessas áreas de transição entre manguezal e vegetação de restinga é controlada pela baixa frequência de inundação e pela drenagem terrestre (Figura 8-1). Essas faixas podem ser consideradas ótimos indicadores biológicos e ecológicos das variações hidrológicas do meio. São ainda essenciais para o funcionamento dos bosques de bacia e atenuadores do efeito erosivo das preamares mais extremas sobre o talude da restinga. Nesses ecótonos estão presentes espécies vegetais com baixa tolerância à salinidade, indicadoras das mudanças climáticas, no que se refere à elevação do NMRM, e funcionam como corredores de fluxos de energia entre os ambientes terrestre e marinho.

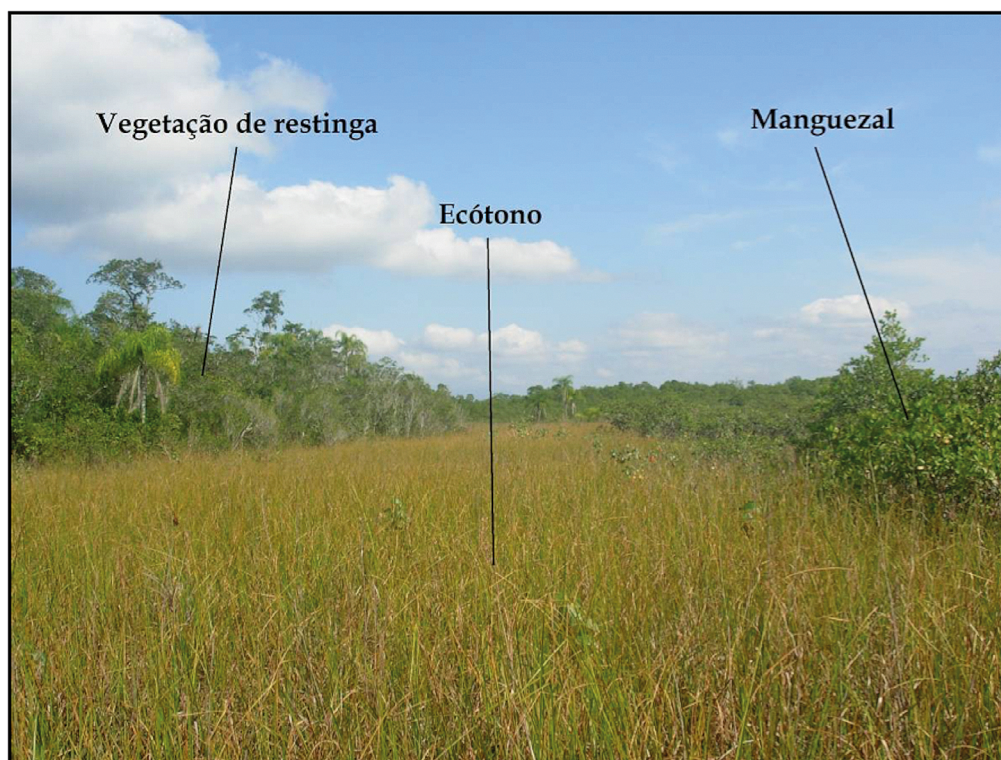



Figura 8-1. Ecótono entre manguezal e vegetação de restinga na Ilha de Cananéia, SP. Foto: Sarah Charlier Sarubo, de 23/07/2012. Local georreferenciado, indicado na Figura 8-2.

Graves *et al.* (2010) também afirmam que os ecótonos podem ser importantes ecologicamente como indicadores de MCs. O interesse atual nos ecótonos relaciona-se com a sua sensibilidade às MCs e muitos cientistas defendem seu monitoramento para detectar padrões de MCs (Noble, 1993; Kupfer & Cairns, 1996; Schaeffer-Novelli *et al.*, 2002; Holtmeier & Broll, 2005; Alongi, 2008).

O objetivo deste protocolo é apresentar métodos para caracterização e monitoramento de ecótonos entre manguezais e marismas e entre manguezais e vegetação de restinga, frente ao aumento do NMRM, bem como definir as principais variáveis ambientais a serem mensuradas.

Métodos

Segundo Kark & van Rensburg (2006), o estudo de ecótonos consiste em duas principais abordagens: foco na análise dos gradientes submetidos às variáveis ambientais e a resposta das populações, espécies e comunidades, a esses gradientes e ecótonos. Entre as diversas abordagens para análise dos gradientes existentes, a mais tradicional era, geralmente, baseada nas avaliações qualitativas. Entretanto, Fortin *et al.* (2000) afirmam que os recentes avanços nos métodos numéricos como as ferramentas de análise espacial,

Sistema de Informação Geográfica (SIG), técnicas de sensoriamento remoto e uso de *Global Positioning System* (GPS) têm permitido estudos mais quantitativos da complexidade das regiões limítrofes e ecótonos.

O presente protocolo sugere a utilização de ambas as abordagens, quantitativa e qualitativa, por meio do mapeamento, com uso de ferramentas geoespaciais, caracterização da vegetação e análise de variáveis ambientais, a fim de melhor caracterizar as áreas de ecotóno entre manguezal e marisma, e manguezal e vegetação de restinga.

Definição da Área de Estudo

O processamento de imagens de satélite de alta resolução, assim como o de fotografias aéreas, tem apresentado bons resultados na delimitação e no mapeamento das áreas de ecótono, uma vez que possibilitam melhor detalhamento delas. Imagens obtidas no *Google Earth* são consideradas de baixo custo, ou gratuitas, e apresentam alta resolução, aumentando a capacidade de análise geoespacial e fornecendo informações importantes para pesquisadores e gestores de áreas protegidas nas zonas costeiras (Friess *et al*., 2011). As áreas de estudo devem ser definidas previamente ao campo, a partir das análises das imagens de satélite. O acesso e distância à área de estudo e a extensão dela são fatores que devem ser considerados para determinar a escolha da área de estudo. Grandes áreas de ecótonos próximas à zona urbana ou de fácil acesso tendem a sofrer com a maior atuação de tensores induzidos pelo homem.

Imagens *Landsat-TM* (30 m de resolução espacial), com composição colorida 3B4R5G, destacam claramente as áreas de ecótono em função da resposta espectral característica do sedimento arenoso colonizado por gramínea. Elas auxiliam na identificação dos ecótonos.

Periodicidade Amostral

O processamento das imagens de satélite ou de fotografias aéreas deve acontecer quando do lançamento de imagens mais atuais ou novos sobrevoos, respectivamente, a fim de se avaliar a dinâmica da área de estudo.

No que se refere às variáveis ambientais, é sugerido que a análise do perfil microtopográfico e a coleta de sedimento para análise granulométrica ocorram anualmente, assim como a caracterização da vegetação, enquanto que as leituras da salinidade intersticial devem ocorrer sazonalmente, durante as marés de quadratura.

Mapeamento

Segundo Anderson (1981), o trabalho de campo permite uma melhor interpretação da fotografia aérea, eliminando as dúvidas em relação aos elementos de reconhecimento. São sugeridas duas atividades de campo, dentre as quais a primeira consiste em um levantamento prévio dos ecossistemas encontrados, com base em levantamento de imagens de satélite de diferentes escalas espaciais. Após o mapeamento, deve ser realizado segundo trabalho de campo, de modo a permitir correções e ajustes das manchas de vegetação e ecótonos, com o auxílio das anotações, fotografias e pontos obtidos com GPS (Cunha-Lignon, 2005).

Com base em levantamento prévio, em campo, sugere-se a edição vetorial de polígonos a partir de classificações visuais, como mostra a Figura 8-2, dentro de ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). As fotografias aéreas não precisam ser ortorretificadas por se tratar de planície costeira (região plana), a qual não apresenta objetos ou elementos localizados em altitudes discrepantes (Cunha-Lignon, 2005). Em ambiente SIG, as áreas de ecótonos são facilmente calculadas, as quais podem ser apresentadas em ha ou km^2.

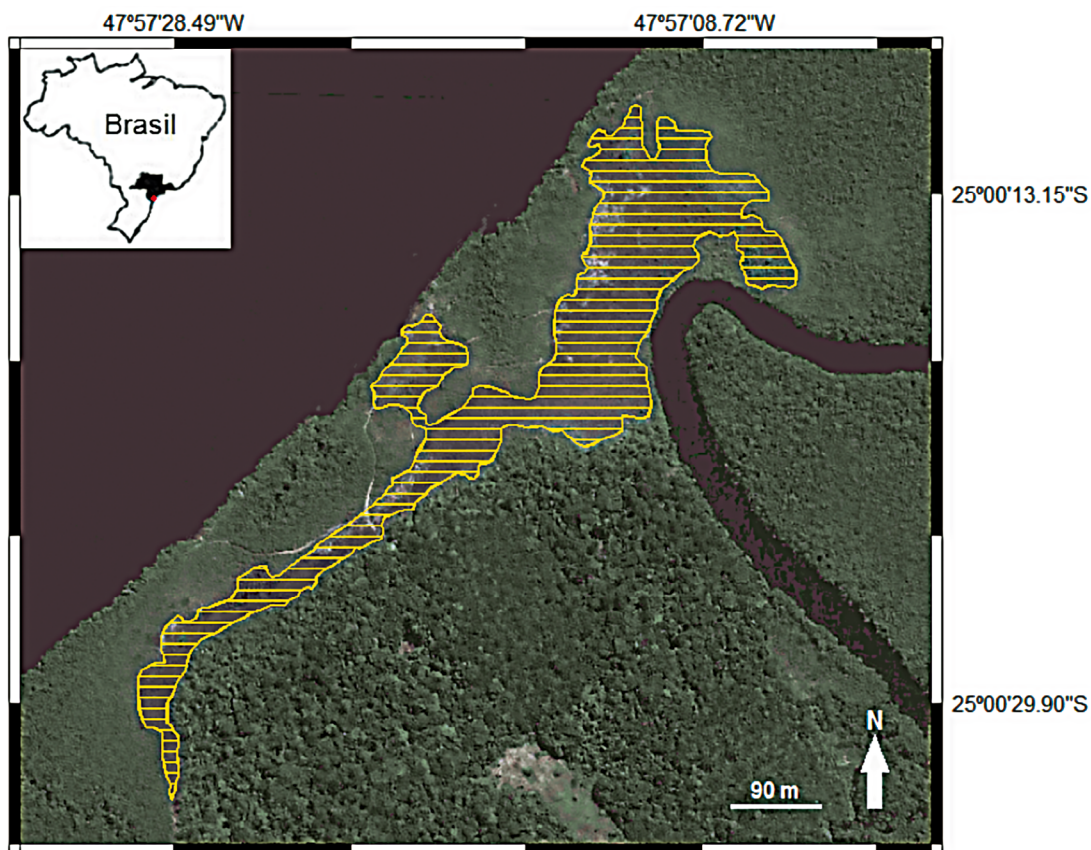



Figura 8-2. Delimitação de ecótono entre manguezal e vegetação de restinga por meio de edição vetorial e classificação visual, região de Cananéia, litoral sul de São Paulo. Imagem do satélite GeoEye-1, de 03/07/2009 (Charlier-Sarubo *et al.*, 2012).

Variáveis Ambientais

Três variáveis ambientais são fundamentais para o entendimento da dinâmica dos gradientes existentes nos ecótonos: (1) o perfil microtopográfico, (2) o gradiente de salinidade ao longo desse perfil e (3) a granulometria do sedimento.

Dois métodos para análise do perfil microtopográfico estão devidamente descritos no "Protocolo de monitoramento da dinâmica vertical de substratos dos ecossistemas manguezal e marisma" (Capítulo 7), além da análise dos dados coletados visando elaboração de modelos numéricos do terreno.

Para a análise do gradiente de salinidade ao longo do perfil microtopográfico, é sugerida a metodologia de Schaeffer-Novelli & Cintrón (1986), na qual são utilizados tubos de PVC com 5 cm de diâmetro e comprimento de aproximadamente 50 cm distribuídos ao longo de uma transversal, no eixo da região de marismas até a restinga. No mínimo devem ser instalados quatro tubos: (1) um na região de marismas; (2) um em área de manguezal; (3) um na região de ecótono e (4) um na vegetação de restinga. Quanto à inserção de tubo em área de vegetação de restinga, essa metodologia de monitoramento fornece resultados mais confiáveis em matas paludosas, diferentemente das restingas onde há ascensão do lençol freático (i.e. Nordeste brasileiro) em função das taxas pluviométricas. Nesse caso, não se deve colocar tubos na área de vegetação de restinga (Coelho Jr, com. pess., 09/04/2014).

Se for possível, incluir outros tubos ao longo da extensão do ecótono. Os tubos deverão ser colocados a uma profundidade compatível com aquela do sistema radicial das árvores próximas. Cada tubo possui uma tampa com rosca na extremidade superior, sendo o fundo fechado e perfurado, para coleta de água intersticial. A cada amostragem é coletada água acumulada no interior dos tubos desde a última amostragem, utilizando-se uma bomba manual de sucção. A salinidade da água amostrada deve ser lida com auxílio de refratômetro óptico (Figura 8-3).

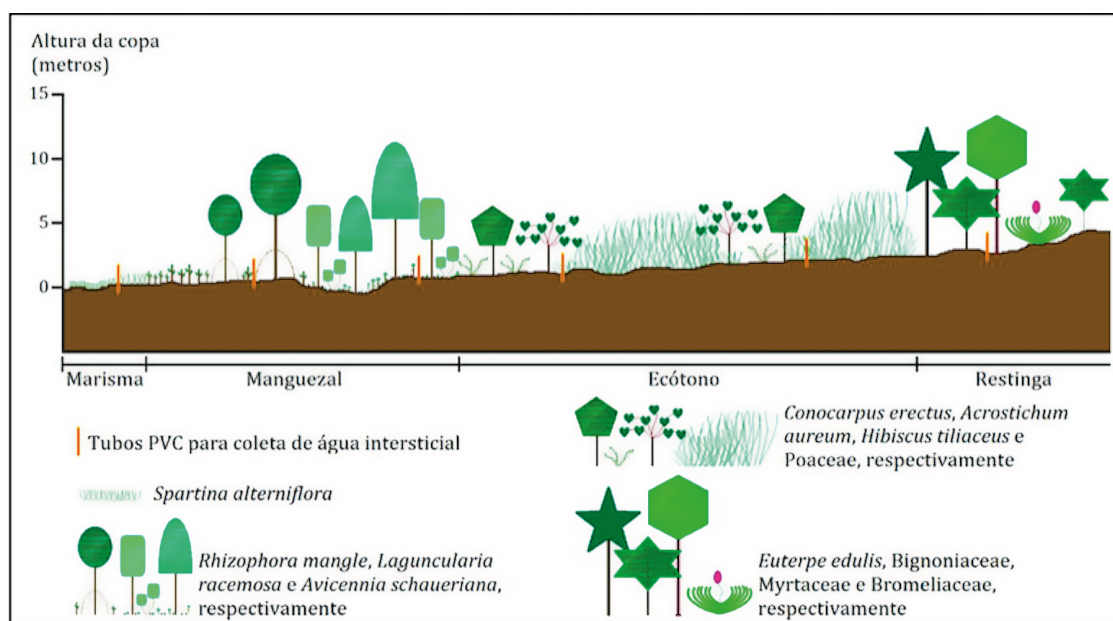



Figura 8-3. Exemplo de transecto ao longo de área de marisma, manguezal, ecótono e restinga. Espécies e gêneros vegetais encontrados na região de Cananéia, SP. Esquema: Sarah Charlier Sarubo.

É sugerido que o monitoramento das estações nas transversais seja feito nas marés de quadratura, devido às menores amplitudes, facilitando o trabalho em campo e padronizando as amostragens. Os tubos fixos devem ser esvaziados um dia antes da leitura. Esse cuidado permite a renovação da água a cada coleta, evitando-se assim o aumento da salinidade por evaporação (Coelho Jr., no prelo). Os poços de PVC podem ser mantidos permanentemente, bastando para isso rosquear uma tampa na extremidade superior, a ser retirada sempre que se desejar obter uma nova amostra. É necessário assegurar-se de que os tubos, quando abertos, não serão encobertos pelas marés altas.

A análise granulométrica do sedimento é importante para a compreensão da dinâmica sedimentar a que as regiões amostradas estão submetidas. Para isso é sugerido que se colete, com uso de amostrador, sedimento em quatro pontos ao longo da transversal estudada, nas proximidades dos tubos de salinidade. Em cada profundidade (10 e 50 cm) devem ser separadas amostras de sedimento, armazenadas em sacos plásticos e identificadas com o local de coleta e profundidade, para posterior análise granulométrica em laboratório.

As amostras de sedimento, acondicionadas em sacos plásticos, devem ser levadas ao laboratório para tratamento prévio. Os conteúdos de carbonato biodetrítico devem ser eliminados após ataque com solução ácida de 1M de HCl. A matéria orgânica também deve ser eliminada. Depois de secas, as amostras devem ser transferidas para béqueres dispostos sobre uma chapa aquecida, adicionando-se, então, peróxido de hidrogênio concentrado até a queima total (oxidação) da matéria orgânica (Ingram, 1971).

A granulometria dos sedimentos pode ser obtida por meio de um analisador de partículas a *laser*. A determinação dos tamanhos dos grãos através de *laser* é baseada na interação entre o feixe de luz e a partícula. Um feixe de *laser* de luz monocromática (λ = 750 nm) passa através da amostra dispersa em água, direcionando os feixes para sensores dispostos ao longo do equipamento, os quais determinam o tamanho das partículas.

Os resultados das análises granulométricas devem compreender a classificação de Shepard (1954) e os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) para uma melhor padronização e possível comparação de resultados.

Caracterização da Vegetação

Estudar a resposta das espécies, populações e comunidades – marisma, mangue, e restinga – a esses gradientes ambientais pode ajudar no entendimento dos processos ecológicos a que as áreas de ecótonos estão submetidas.

Para a coleta dos dados necessários ao cálculo dos parâmetros ecológicos, o uso de transectos é extremamente útil em pesquisas que visem caracterizar áreas ecotonais ou áreas em diferentes estádios sucessionais, ou seja, regiões onde haja gradientes de transição entre comunidades.

Sugere-se o uso de transectos ou perfis permanentes (devidamente posicionados com auxílio de GPS), que constituem a amostragem de uma extensa faixa do ambiente, normalmente, estabelecendo-se uma grande parcela retangular, a qual pode ser subdivida em unidades menores (ver Capítulo 4). Esses transectos ou perfis são repetidos na comunidade inventariada a fim de obter uma melhor representação da composição da área.

A análise de alguns parâmetros ecológicos pode auxiliar nessa caracterização, como riqueza de espécies, frequência, densidade, abundância, diversidade, biomassa ou cobertura, dominância relativa, entre outros. Para o cálculo dos parâmetros ecológicos na metodologia de transectos devem-se utilizar as mesmas fórmulas computadas na metodologia de parcelas (Capítulo 4).

AUTORES

Sarah Charlier Sarubo – Universidade de São Paulo – USP e Instituto BiomaBrasil
(autor para correspondência: sarahcharlier@gmail.com)

Marília Cunha Lignon – Instituto BiomaBrasil

Yara Schaeffer-Novelli – Universidade de São Paulo – USP

Referências

Alongi, D.M. 2008. "Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1-13.

Anderson, P. 1981. *Fundamentos para Fotointerpretação. Brasília: Sociedade Brasileira de Cartografia*, p. 118.

Charlier-Sarubo, S; Cunha-Lignon, M.; Schaeffer-Novelli, Y. 2012. "Áreas de transição em regiões estuarinas: caracterização e perspectivas, frente ao aumento do nível médio relativo do mar». *Anais do II Workshop Antropicosta Iberoamerica 2012*, p. 22.

Coelho-Jr, C. (no prelo). "Gradientes de inundação pelas marés e a drenagem terrestre sobre o comportamento da salinidade intersticial de bosque de mangue de Cananéia, São Paulo, Brasil". *Revista de Gestão Costeira Integrada*, p. 10. Disponível em: <http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgcimang80_Junior.pdf>. Acesso em: 20 de out. de 2013.

Coelho-Jr, C. 2003. *Ecologia de manguezais: zonação e dinâmica da cobertura vegetal em gradientes ambientais, Cananéia, São Paulo, Brasil*. Tese de doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 166.

Cunha-Lignon, M. 2005. *Ecologia de manguezais: desenvolvimento espaço-temporal no Sistema Costeiro Cananéia-Iguape, São Paulo, Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, p. 178.

Cunha-Lignon, M.; Kampel, M.; Menghini, R.P.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón, G.; Dahdouh-Guebas, F. 2011. "Mangrove forests submitted to depositional processes and salinity variation investigated using satellite images and vegetation structure surveys". *Journal of Coastal Research (SI)*, 64: 344-348.

Duke, N.C. 2001. "Gap creation and regenerative processes driving diversity and structure of mangrove ecosystems". *Wetlands Ecology and Management*, 9: 257-269.

Duke, N.C.; Meynecke, J.-O.; Dittmann, A.M.; Ellison, A.M.; Aanger, K.; Berger, U.; Cannicci, S.; Diele, K.; Ewel, K.C.; Field, C.D.; Koedam, N.; Lee, S.Y.; Marchand, C.; Nordhaus, I.; Dahdouh-Guebas, F. 2007. "A world without mangroves?" *Science*, 317: 41-42.

Folk, R.L.; Ward, W. C. 1957. "Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters". *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1): 3-27.

Fortin, M.J.; Olson, R.J.; Ferson, S.; Iverson, L.; Hunsaker, C.; Edwards, G.; Levine, D.; Butera, K.; Klemas, V. 2000. "Issues related to the detection of boundaries". *Landscape Ecology*, 15: 453–466.

Friess, D.A.; Kudavidanage, E.P.; Webb, E. 2011. "The digital globe is our oyster." *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 542.

Fromard, F.; Vega, C.; Proisy, C. 2004. "Half a century of dynamic coastal change affecting mangrove shorelines of French Guiana. A case study based on remote sensing data analyses and field surveys". *Marine Geology*, 208(2): 265-280.

Giri, C.; Ochieng, E.; Tieszen, L.L.; Zhu, Z.; Singh, A.; Loveland, T.; Masek, J.; Duke, N. 2011. "Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data". *Global Ecology and Biogeography,* 20(1): 154-159.

Graves, R.; Wang D.; Hogan, M.C. 2010. "Ecotone". In: Cleveland, C.J. (Ed.) *Encyclopedia of Earth.* Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.

Holtmeier, F.K.; Broll, G. 2005. "Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales". *Global Ecology and Biogeography*, 14: 395–410.

Ingram, R.L. 1971. "Sieve analysis". p. 49-67. In: Carver, R.E. (Ed.) *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York: Wiley-Interscience.

Kark, S.; Van Rensburg, B.J. 2006. "Ecotones: marginal or central areas of transition?" *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 52(1): 29-53.

Kupfer, J.A.; Cairns, D.M. 1996. "The suitability of montane ecotones as indicators of global climatic change". *Progress in Physical Geography*, 20: 253–272.

Lugo, A.E.; Snedaker, S.C. 1974. "The ecology of mangroves". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 39-64.

Noble, I.R. 1993. "A model of the responses of ecotones to climate change". *Ecological Applications*, 3: 396–403.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón. G. 1986. *Guia para estudos de áreas de manguezal: estrutura, função e flora*. São Paulo: Caribbean Ecological Research, p. 150.

Schaeffer-Novelli, Y. 1999. *Grupo de ecossistemas: manguezal, marisma e apicum. Programa Nacional da Diversidade Biológica – Pronabio. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – Probio. Subprojeto Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha*. São Paulo., p. 119.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintron-Molero, G.; Soares, M.L.G. 2002. "Chapter Nine: Mangroves as indicators of sea level change in the muddy coasts of the world". *Proceedings in Marine Science*, 4: 245-262.

Shepard, F.P. 1954. "Nomenclature based on sand-silt-clay ratios". *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3): 151-158.

Capítulo 9

MONITORAMENTO DA ESTRUTURA DE PRADARIAS DE MARISMAS

Eduardo Juan Soriano-Sierra, Yara Schaeffer-Novelli, André Scarlate Rovai,
Elaine Bernini, Guilherme Moraes de Oliveira Abuchahla

Foto: Marilia C. Lignon

Introdução

Marismas são ecossistemas costeiros, oligoespecíficos em espécies vegetais halófitas facultativas (Chapman, 1960). Tais ecossistemas convivem, ao longo dos últimos 60 milhões de anos, com extensas e praticamente contínuas rupturas, como resultado das flutuações do Nível Médio Relativo do Mar, NMRM (Woodroffe, 1992). Entretanto, mudanças estruturais e funcionais são esperadas em função de mudanças climáticas, MCs, fazendo com que parâmetros estruturais, principalmente na transição com o ecossistema manguezal ou com as terras emersas, sejam alteradas em função de eventos extremos, como tormentas e inundações, ressacas e alterações nos fluxos de água. O transporte de sedimentos poderá ser intensificado, aumentando as taxas deposicional e erosiva, em função das características da área (Cunha-Lignon *et al.*, 2011). Além disso, há estudos que apontam que as plantas apresentarão respostas fisiológicas ao aumento da disponibilidade de CO_2 no ar atmosférico, enquanto a elevação das temperaturas do ar e da água poderão resultar em aumento de biodiversidade, mudança na composição de espécies, aumento da produtividade primária devido às taxas de precipitação e evaporação, além de expansão das áreas de manguezais sobre áreas antes dominadas por marisma, em latitudes mais altas que as atuais (Alongi, 2008).

Diante desse cenário de incertezas, ao longo do litoral, são propostos procedimentos mínimos voltados à necessidade de monitoramento de habitats, à biodiversidade e à própria estrutura do ecossistema diante das MCs.

Métodos

Delineamento Amostral

1º passo: Considerando-se a necessidade de seleção de áreas para monitoramento que sejam mais vulneráveis aos possíveis impactos decorrentes do aumento do NMRM (*sensu* Ellison, 2012), devem ser consideradas, no mínimo, duas zonas ao longo de um perfil de inundação:

- Franja (porção da marisma mais próxima ao corpo d'água);
- Ambiente de transição da marisma com ecossistemas adjacentes como manguezal, restinga, duna, encosta ou mata atlântica (Soares, 2009).

2º passo: Igualmente, subindo um nível de observação, a escala de *setting* geomorfológico (*sensu* Thom, 1982) faz-se necessária para a seleção de áreas vulneráveis dentro do sistema estuarino, ou seja, áreas mais sujeitas aos fatores associados às MCs. Este é o cenário encontrado na foz de estuários (Thom, 1984). Ainda há de se considerar trechos dentro desta zona, estuário inferior, livres de situações extremas de dinamismo sedimentar, como meandros, por exemplo, por haver maior influência de pro e retrogradação.

3º passo: Finalmente, considerando a amplitude latitudinal da costa brasileira, o conceito de réplica proposto neste protocolo de procedimentos mínimos é flexível, podendo os experimentos serem planejados para responder questões em nível local, por exemplo, dois ou mais perfis ou transectos dentro de uma mesma pradaria de marisma, ou em nível regional. Nesse caso, diferentes marismas, localizadas ao longo de um segmento costeiro, seriam representadas por um único, ou mais perfis ou transectos que, agrupados, representariam réplicas daquela região (i.e., Ecorregiões Marinhas; *sensu* Spalding *et al.*, 2007).

Nesta abordagem macroecológica, as Ecorregiões Marinhas seriam as regiões, e as marismas dentro das regiões seriam as réplicas daquela região. Os perfis ou transectos dentro de cada pradaria seriam as pseudo-réplicas destinadas a representarem a variabilidade ambiental e assim em diante.

O processo de acompanhamento deve atender às diferentes feições de marismas ao longo do litoral, devido apresentarem características distintas, por exemplo, entre a zona temperada do sul e a zona tropical do Brasil (Figura 9-1). Assim, para permitir comparação entre as áreas, propõem-se procedimentos metodológicos padronizados com acompanhamento de parcelas fixas e, quando disponível, pela análise de imagens em escalas adequadas às dimensões das áreas de estudo (Cunha-Lignon *et al.*, 2011).

Figura 9-1. Pradaria de marisma, Laguna, Santa Catarina, Brasil. Foto: Eduardo Soriano-Sierra.

Período mais Favorável às Amostragens

É importante que a periodicidade amostral seja delineada de acordo com os processos estudados e suas respectivas periodicidades. A estrutura das comunidades vegetais típicas deve ser levada em consideração, adequando-se os estudos aos ciclos de vida e às respostas das comunidades presentes.

Recomenda-se periodicidade anual para as campanhas, entre os meses de outubro e fevereiro, quando todas as macrófitas das marismas estão em flor, facilitando sua identificação (Soriano-Sierra & Merege, 2014).

Identificação de Indicadores para Monitoramento

O monitoramento das comunidades vegetais das marismas deve envolver a determinação da composição de espécies e a estimativa de cobertura vegetal, por espécie, dentro de parcelas permanentes, localizadas ao longo de um perfil ou transecto, ou de uma série de perfis ou transectos, posicionados segundo o gradiente de inundação, assumindo-se que as mudanças ocorrerão principalmente como resultado da alteração da frequência de inundações.

Parcelas Permanentes

Os transectos ou perfis, com 1 metro de largura, deverão ser demarcados para facilitar o estudo das características estruturais e a composição florística da marisma. Na delimitação podem ser utilizados fios de náilon previamente marcados de metro em metro ou uma trena.

A orientação dos perfis ou transectos deve ser no sentido perpendicular aos gradientes ambientais (inundação pelas marés), sempre na franja da marisma e no ecótono desta com o ecossistema adjacente, que é onde se esperam respostas mais imediatas às mudanças climáticas, como a elevação do NMRM.

O amostrador padrão para estudo da vegetação da marisma é um quadrado de 1 metro de lado (1 m^2 de área).

Após estabelecidos os transectos, os seguintes passos devem ser seguidos para a diagnose da área:

- Reconhecer a ocorrência de espécies glicófitas e espécies exóticas: consultar bibliografia (Soriano-Sierra & Merege, 2014);
- Associar a ocorrência das espécies à microtopografia do transecto (ver protocolo de "Monitoramento da dinâmica vertical de substratos dos ecossistemas manguezal e marisma" – Capítulo 7);
- Determinar fitomassas e necromassas epígea e hipógea: fitomassa e necromassa são as quantidades de matéria orgânica vegetal viva e morta, por unidade de área acima do substrato (epígea) e correspondente a um determinado volume de substrato (hipógea);
- Registrar mudanças visuais no ambiente: definir pontos para fotografar, a serem visitados a cada campanha de monitoramento, para análise temporal. Cada ponto deve ser definido com auxílio de aparelho de GPS. Para as fotos devem ser consideradas direção e altura de mirada;
- Mapeamento das marismas, em escala conveniente: utilizando fotografias aéreas e imagens de satélite, numa série temporal.

Número Mínimo de Parcelas Permanentes

Recomenda-se um número mínimo de quatro parcelas permanentes por marisma estudada. Entretanto, a extensão – comprimento – do perfil ou do transecto, com largura de 1 metro, deve ser compatível com o gradiente e com as feições da pradaria até o ecótono com o sistema adjacente (consultar o

protocolo de “Monitoramento dos ecótonos entre manguezal e marisma e entre manguezal e vegetação de restinga” – Capítulo 8). O número de quadrados dentro do perfil ou transecto varia de acordo com a escolha das zonas a serem amostradas de forma a representar as diferentes feições da pradaria. Devem ser levadas em consideração a extensão da área e a necessidade de submeter os resultados às análises estatísticas tanto por período amostral quanto ao longo do tempo de monitoramento.

Métodos para Amostragem

Determinação da área de cobertura relativa de cada espécie herbácea (Soriano-Sierra & Merege, 2014), aplicando a escala de Braun-Blanquet (1932): primeiramente elabora-se a lista de espécies herbáceas e arbustivas (identificação taxonômica). Para o cálculo da cobertura visual, o observador estima, visualmente, a cobertura de cada espécie presente dentro do delimitador, este de 1 m^2. Por esse método, a cobertura vegetal é estimada em classes (Tabela 9-1):

Tabela 9-1. Valor de área de cobertura segundo Braun-Blanquet (1932) e correspondência com o percentual de área de cobertura de cada espécie. (* por espécie)

Valor de BB	% Cobertura*
1	< 1
2	1 - 5
3	6 - 25
4	26 - 50
5	51 - 75
6	76 - 100

Observação: Embora muitas espécies de plantas herbáceas e arbustivas possam estar associadas às marismas, esse ecossistema pode estar representado por uma única espécie (cobertura relativa de 100%).

Descrição da Estrutura das Comunidades Herbáceas

Por meio de cálculo dos índices de: (1) densidade, (2) dominância e (3) frequências relativas:

$$DR = \frac{N_{spp}}{N} * 100$$

No qual: DR = Densidade Relativa

N_{spp} = Número de indivíduos de uma espécie

N = Número total de indivíduos

$$DoR = \frac{Do_{spp}}{Do} * 100$$

No qual: DoR = Dominância relativa

Do_{spp} = Dominância de uma espécie (área basal de determinada espécie por unidade de área)

Do = Dominância total (somatória das Do_{spp} de todas as espécies)

$$FR = \frac{F_{spp}}{\sum F} * 100$$

No qual: FR = Frequência relativa
F_{spp} = Frequência de uma espécie
F = Frequência de todas as espécies

Variáveis Essenciais a Serem Medidas

A composição florística (Soriano-Sierra & Merege, 2014) e a descrição estrutural das pradarias de marismas são potenciais indicadoras de condições abióticas de mudanças climáticas. Nesse sentido, torna-se necessário monitorar variáveis abióticas, tais como:

- Salinidade, temperatura e pH da água intersticial, superficial e do canal;
- Granulometria e teor de matéria orgânica nos sedimentos superficiais;
- Altura e frequência de inundação;
- Taxas de sedimentação e de erosão (ver protocolo de "Monitoramento da dinâmica vertical de substratos dos ecossistemas manguezal e marisma" – Capítulo 7);
- A presente proposta de monitoramento está em total consonância com os objetivos da ReBentos, permitindo detectar efeitos das mudanças ambientais, regionais e globais, não somente sobre organismos em uma série histórica, mas também sobre ecossistemas costeiros.

AUTORES

Eduardo Juan Soriano-Sierra – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
(autor para correspondência: sierra_ejs@yahoo.com.br)

André Scarlate Rovai – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Elaine Bernini – Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Guilherme Moraes de Oliveira Abuchahla – Universidade de São Paulo – USP

Yara Schaeffer-Novelli – Universidade de São Paulo – USP

Referências

Alongi, D.M. 2008. “Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change”. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76: 1-13.

Braun-Blanquet, J. 1932. *Plant Sociology*. New York: McGraw-Hill. p. 405.

Chapman, V. 1960. “Salt marshes and Salt Deserts of the World”. In: Polunin, N. (Ed.). *Plant Science Monographs*, Interscience Publishers, Nova Iorque, p. 392.

Cunha-Lignon, M.; Kampel, M.; Menghini, R.P.; Schaeffer-Novelli, Y.; Cintron, G.; Dahdouh-Guebas, F. 2011. “Mangrove forests submitted to depositional processes and salinity variation investigated using satellite images and vegetation structure surveys”. *Journal of Coastal Research*, 64 (SI): 344-348.

Ellison, J.C. 2012. *Climate change vulnerability assessment and adaptation planning for mangrove systems*. Washington D.C.: World Wildlife Fund. p. 130. Disponível em:: <http://worldwildlife.org/publications/climate-change-vulnerability-assessment-and-adaptation-planning-for-mangrove-systems>.

Soares, M. L. G. 2009. “A Conceptual Model for the Responses of Mangrove Forests to Sea Level Rise”. *Journal of Coastal Research*, 56 (SI):267-271.

Soriano-Sierra, E.J.; Merege, R.B. 2014. *Guia de campo para identificação da vegetação aquática e da fauna de peixes das lagoas costeiras de Santa Catarina*. Florianópolis: Insular, v. 1000, p. 115.

Spalding, M. D; Fox, H. E.; Allen, G. R.; Davidson, N.; Ferdaña, Z. A.; Finlayson, M.; Halpern, B. S.; Jorge, M. A.; Lombana, A.; Lourie, S. A.; Martin, K. D.; McManus, E.; Molnar, J.; Recchia, C. A.; Robertson, J. 2007. “Marine Ecoregions of the World: a bioregionalization of coast and shelf areas”. *BioScience*, 57: 573-583.

Thom, B. G., 1982. “Mangrove ecology – a geomorphological perspective”. pp. 3–17. In: Clough, B. F. (Ed.). *Mangrove Ecosystems in Australia*. Canberra: Australian National University Press.

Thom, B.G. 1984. “Coastal landforms and geomorphic processes”. pp. 3-17. In: Snedaker, S. C.; Snedaker, J. G. (Eds.). *The mangrove ecosystem: research methods*. UNESCO Monographs on oceanographic methodology, 8, p. 251.

Woodroffe, C. D. 1992. “Mangrove sediments and geomorphology”. pp. 7-41. In: Robertson, A.L.; Alongi, D.M. (Eds). *Coastal and Estuarine Studies, 41*. Washington D.C.: American Geophysical Union.

Capítulo 10

MONITORAMENTO DE POPULAÇÕES DO CARANGUEJO-UÇÁ, *Ucides cordatus* (BRACHYURA, UCIDIDAE)

Marcelo Antonio Amaro Pinheiro, Renato de Almeida

Foto: Marcelo A. A. Pinheiro

Introdução

Os macroinvertebrados do subfilo Crustacea destacam-se, nos manguezais, por sua biomassa, abundância e densidade populacional. Entre eles, os caranguejos semiterrestres são encontrados em vários tipos de substrato, desde o arbóreo, como o caranguejo-arborícola, *Aratus pisonii*, ao mais inconsolidado, como os caranguejos-violinistas do gênero *Uca*. Grande parte dos caranguejos associados aos sedimentos finos, lamosos ou silte-argilosos, do manguezal, interage com esse substrato, construindo galerias (tocas) onde vivem e se refugiam de seus predadores. Esse processo, chamado de bioturbação, causa o revolvimento dos estratos sedimentares, bem como de seus nutrientes, que são a fonte de vida e subsistência do ecossistema manguezal. Portanto, a participação desses animais neste processo construtivo explica o motivo de serem conhecidos como “engenheiros do manguezal” (Kristensen, 2008), com algumas espécies de caranguejos, caso do caranguejo-uçá, estocando folhas e propágulos dentro de suas galerias, onde são degradados e convertidos em nutrientes (Christofoletti *et al.*, 2013).

Por ser um ecótono entre a terra e o mar, o manguezal apresenta grande variação de alguns parâmetros ambientais, em especial a salinidade e o nível/frequência de inundação pelas marés, esse último associado ao transporte de nutrientes (Wunderlich & Pinheiro, 2013). Em função disso, modifica-se a

exuberância, composição e desenvolvimento arbóreo dos manguezais, que causam alterações subsequentes à densidade populacional dos caranguejos (Matsumasa *et al.*, 1992; Nomann & Pennings, 1998; Amouroux & Tavares, 2005), gerando condições específicas à ocorrência de determinadas espécies desses crustáceos (Morrisey *et al.*, 2003). A estrutura populacional de alguns caranguejos também pode ser alterada em função da granulometria e química do sedimento (Ribeiro *et al.*, 2005), podendo se tornar mais arenoso pelo aumento da densidade de caranguejos, ficando, assim, mais suscetível à erosão (Botto & Iribarne, 2000).

Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) (Figura 10-1), é um caranguejo semiterrestre pertencente à Família Ucididae, que constrói galerias no sedimento de manguezal, apresentando distribuição agregada e associada às estruturas arbóreas, em especial junto às raízes (Oliveira, 2005). De acordo com os dados previamente obtidos por Almeida (2005), Hattori (2006), Schmidt (2006) e Wunderlich & Pinheiro (2013), a densidade e a estrutura populacional dessa espécie também se altera em função do nível/frequência de inundação pelas marés, com maior densidade de exemplares com menor porte em manguezais de substratos arenosos e de menor inundação, ocorrendo o inverso naqueles lamosos e mais inundados pelas marés. Nesse sentido, existe grande respaldo para que tais parâmetros possam ser monitorados e utilizados como indicadores de mudanças climáticas locais ou regionais, como estratégia para o registro do Nível Médio Relativo do Mar (NMRM). Os cenários previstos sugerem uma possível redução gradativa e temporal da densidade dessa espécie nos manguezais de margens estuarinas, o mesmo ocorrendo nas áreas de menor frequência de inundação, “apicuns”, considerando a preconizada elevação do nível do mar e frequência de inundações locais. Especificamente na região de “apicum” e adjacências, poderão ser registradas, ainda, alterações estruturais significativas na população, como uma crescente ocupação por indivíduos de maior porte, resultando em incremento da média de tamanho desses animais.

Pelas informações previamente apresentadas, se propõe aqui um protocolo padrão de amostragem e monitoramento de populações do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*), para médio e longo prazos, além de definir as principais variáveis ambientais a serem medidas para conciliação às bióticas relacionadas à essa espécie (densidade e estrutura populacional), em função de mudanças climáticas locais e regionais.

Figura 10-1. Exemplar do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*. Foto: Delson Gomes.

Métodos

Planejamento Amostral

Deve-se monitorar ao menos uma área de manguezal, representada por duas subáreas (Figura 10-2): a margem estuarina, compreendendo a franja de manguezal, normalmente mais lodosa e inundável devido à sua menor cota topográfica; e a "apicum", que trata da feição de manguezal com topografia mais elevada, arenosa e inundada nas preamares de sizígia. Esta área deverá ser selecionada por consulta prévia a imagens de satélite, por meio do *Google Earth* ou outras fontes disponíveis, com validação em campo, devendo conciliar algumas características de relevância para sua adequação, a saber: (1) proximidade da foz estuarina (setor eurihalino), portanto com influência expressiva da cunha salina; (2) reduzido fluxo hídrico (rios ou marés), evitando locais de corrente perceptível, bem como canais sinuosos, onde os processos de progradação e retrogradação nas margens estuarinas são maximizados; (3) minimização da distância entre as subáreas amostrais (margem e "apicum"), preferencialmente entre 200 e 300 m, para redução do tempo de amostragem e menor desgaste da equipe em campo. Caso haja possibilidade de que o monitoramento ocorra em mais de uma área de manguezal, seria mais relevante que elas fossem estabelecidas em latitudes distintas (efeito regional), do que várias réplicas em um mesmo sistema estuarino (efeito local). Portanto, tal delineamento por parte do pesquisador ocorreria numa etapa preliminar ao direcionamento da escolha das áreas amostrais de maior interesse.

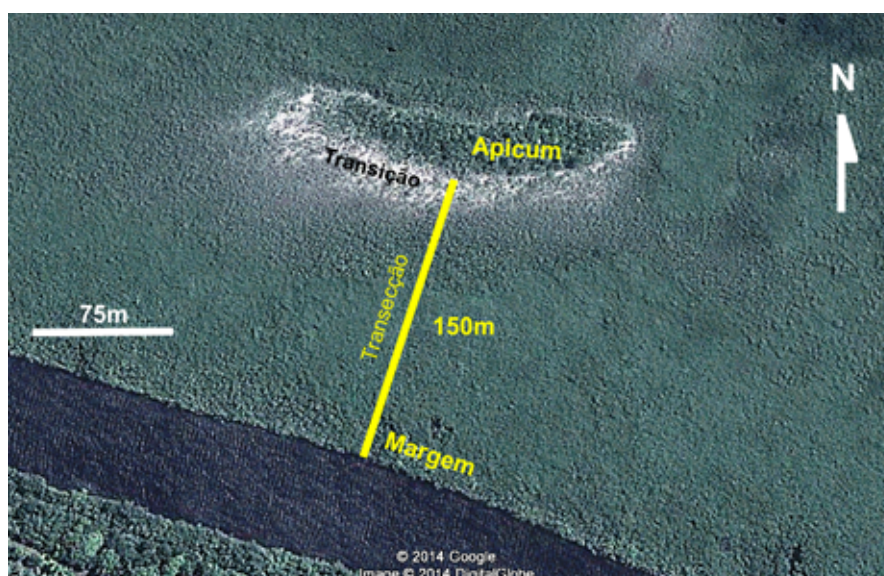



Figura 10-2. Área de manguezal, com representação de uma transecção entre as duas subáreas amostrais (margem e "apicum"), para monitoramento populacional do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus*. Modificado de *Google Earth*.

Ao menos no primeiro ano é ideal que o monitoramento ocorra sazonalmente, com intervalo de seis meses entre as avaliações, visando conciliação de aspectos relacionados à biologia da espécie (época reprodutiva *vs.* época não reprodutiva), repercutida pela influência climática (verão *vs.* inverno, respectivamente), conforme apresentado a seguir.

A periodicidade estacional privilegia o registro dos parâmetros abióticos e bióticos em épocas do ano com nítida influência climática, como durante o verão e inverno, que são os extremos que melhor caracterizam as regiões tropicais e subtropicais do Brasil. Nesse sentido, com base na revisão apresentada pelo IBAMA (2011), recomenda-se que as avaliações ocorram nos meses de janeiro a março (verão) e de julho a setembro (inverno), coincidindo com a época reprodutiva e não reprodutiva da espécie, respectivamente (Pinheiro, 2006; Wunderlich *et al.*, 2008). Segundo Pinheiro & Fiscarelli (2001) e IBAMA (2011), a reprodução de *Ucides cordatus* é estacional, com duração máxima de cinco meses (principalmente no verão), ocorrendo de dezembro a abril (IBAMA, 2011). Nesse sentido, são indicados dois meses no ano:

fevereiro, por representar o mês intermediário do verão no hemisfério sul, coincidindo com elevada atividade reprodutiva da espécie, e agosto, que coincide com o meio do inverno e época não reprodutiva da espécie (engorda), distando exatos seis meses da avaliação anterior.

É importante destacar que a amostragem em duas épocas permitiria minimizar erros amostrais previamente discutidos pelos especialistas durante a confecção deste protocolo, a saber: (1) época reprodutiva, caracterizada por maior atividade comportamental (locomotora) dos animais (Schmidt *et al.*, 2012; Sant'Anna *et al.*, 2014), quando ocorre um maior número de galerias abertas (Wunderlich *et al.*, 2008), minimizando o erro de contagem das galerias (estimativa da densidade), mas potencializando o erro de medição do diâmetro de abertura das galerias (estimativa da estrutura populacional); e (2) época não reprodutiva, com padrão inverso ao anterior devido à elevação da ocorrência das galerias fechadas (Wunderlich *et al.*, 2008), causando falha na contabilização e subestimativa da densidade populacional da espécie, mas com minimização do erro de medição das galerias pela menor atividade comportamental (locomotora) nesse período. Considerando que tais erros podem afetar a estimativa de densidade (na época não reprodutiva) ou a estrutura populacional (na época reprodutiva), recomenda-se que as avaliações sejam efetuadas nesses dois períodos ou naquele de maior interesse ao pesquisador, caso os recursos financeiros não permitam duas amostragens anuais.

Ressalta-se que o efeito de arrasto das marés sobre o sedimento pode dificultar a obtenção de informações importantes acerca da atividade biogênica dos animais, de modo que será vantajoso padronizar o momento das amostragens, especialmente dois dias antes da lua crescente.

Amostragem

Descrição da Unidade Amostral

Aqui prevalece a ideia de otimizar o esforço amostral e a disponibilidade de tempo e recursos logísticos do pesquisador. Ressalta-se que uma comparação de unidades amostrais entre diferentes estudos de avaliação da densidade de *U. cordatus* no Brasil, aponta o uso mais frequente de quadrados amostrais (delimitadores) medindo 5x5 m (25 m²) (Almeida, 2005). Hattori *et al.* (2004a) avaliaram o quadrado amostral ideal para essa espécie por aplicação do método de Wiegert (1962), com indicação do quadrado de 2x2 m (4 m²) entre quatro tamanhos amostrais analisados (1x1, 2x2, 3x3 e 4x4 m). No entanto, Hattori *et al.* (2004b) avaliaram o efeito do tamanho amostral em manguezais com diferente predomínio arbóreo, constatando menores variâncias com o quadrado de 4x4 m, em função do tipo de distribuição espacial do caranguejo-uçá, que é dependente do bosque onde vive. Assim, bosques dominados por *Rhizophora mangle* promovem o adensamento do caranguejo junto aos seus rizóforos ("raízes-escora"), de modo que quadrados maiores minimizariam o efeito dessa espacialização. Desse modo, ficou estabelecido no presente protocolo que a unidade amostral padrão tivesse 5x5 m (25 m²), independente do predomínio arbóreo do bosque de mangue.

A demarcação dos quadrados amostrais em campo deve ocorrer aleatoriamente, com a disposição linear de canos de PVC (0,5" de diâmetro), medindo 1 m cada, totalizando 20 unidades na composição das quatro laterais do quadrado amostral (n=5 cada). Esse quadrado amostral desmontado pode ser facilmente transportado dentro de um cano de PVC de maior diâmetro (15 a 20 cm), com "cap" na parte inferior e alça confeccionada em corda de náilon de 1 cm de diâmetro atada às suas partes superior e posterior, denominado "bazuca" (Figura 10-3). Tal recomendação ocorre pela maior facilidade de demarcação/desmontagem e obtenção do formato quadrado requerido, ao invés do tradicional uso de demarcação dos quadrados por bússola, linhas e estacas.

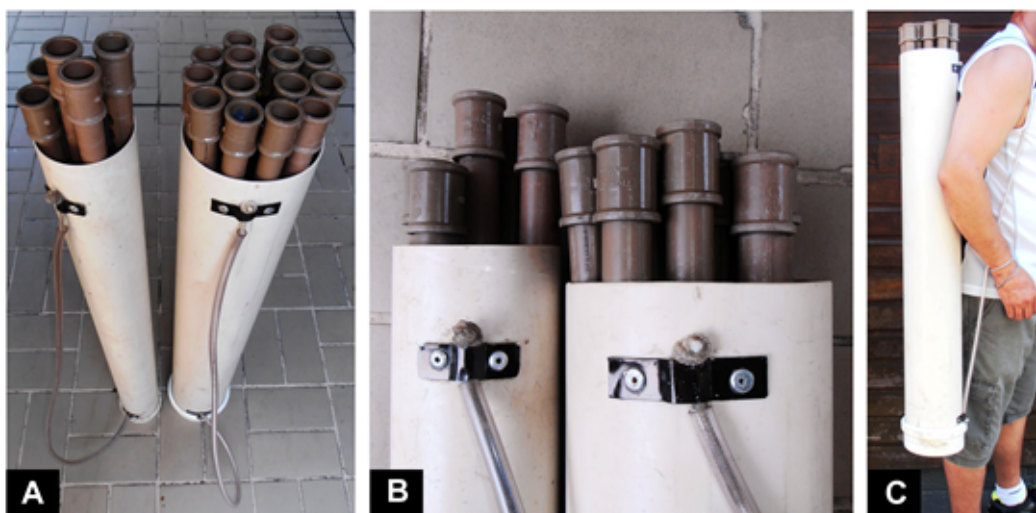



Figura 10-3. Vista geral dos invólucros para transporte dos canos PVC de 0,5” (“bazucas”), confeccionados com tubo PVC de 15 e 20 cm de diâmetro (A), para guarda de 06 e 14 canos de 1 m, respectivamente, totalizando os 20 canos necessários à montagem do quadrado amostral de 5x5 m (5 canos x 4 lados). Parte superior da “bazuca”, mostrando detalhe do suporte metálico em aço inox fixado por rebites em alumínio, o mesmo ocorrendo na parte inferior, sendo ligados por alça confeccionada em corda de náilon trançada (5 mm Ø), envolta em mangueira plástica (B), facilitando seu transporte em campo (C). Fotos: Marcelo Pinheiro.

Número Mínimo de Unidades Amostrais

A despeito de critérios definidos pelo pesquisador, com vista a um melhor delineamento amostral, é importante mencionar que as respostas de *Ucides cordatus* à elevação do NMRM somente ganhará consistência se os padrões obtidos puderem ser detectados por comparação entre diferentes áreas de manguezal no Brasil. Se assim for, será possível obter resultados satisfatórios mesmo com um menor número de unidades amostrais por região estudada. Pelo exposto, recomenda-se o número mínimo de cinco quadrados amostrais de 5x5 m em duas subáreas amostrais (margem e “apicum”), totalizando uma área amostral de 125 m^2/subárea e 250 m^2/área de manguezal. Dentro de cada subárea (margem e “apicum”), sugere-se que os quadrados amostrais sejam dispostos ao acaso, seguindo o nível crescente de inundação (Figura 10-4), da seguinte forma: (1) margem, com dois quadrados dispostos numa faixa de 10 m a partir do canal, enquanto os três subsequentes serão demarcados numa segunda faixa contígua de 20 m; e (2) “apicum”, com dois quadrados dispostos numa faixa de 10 m (transição) e os demais numa faixa de 20 m a partir da anterior, já no “apicum”.

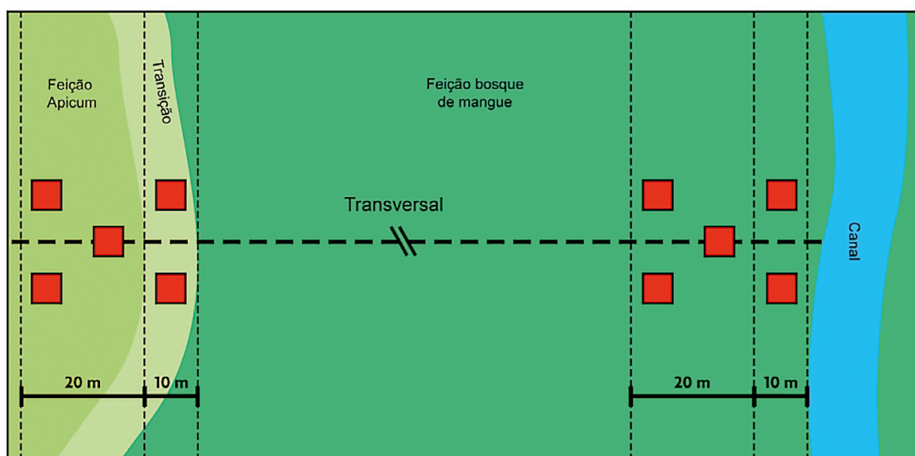



Figura 10-4. Delineamento do monitoramento para cada área de manguezal com as duas subáreas (margem e “apicum”), com representação das unidades amostrais de 5x5 m (quadrados vermelhos), onde será monitorada a densidade (ind./m^2) e a estrutura populacional do caranguejo-uçá. Representação fora de escala, para simples visualização. Esquema: Gustavo Pinheiro.

A estimativa do número de indivíduos por unidade amostral (quadrados) será efetuada pelo método indireto, conforme proposto por Warren (1990), por ser rápido e de custo reduzido, que se dá pela contabilização do número de galerias da espécie, assumindo-se a existência de um exemplar por galeria (Costa, 1972). Para redução do erro amostral são contabilizadas as galerias com presença de animais em seu interior, conforme já aplicado por Wunderlich *et al.* (2008), por inspeção de caracteres morfológicos externos das galerias e seus indícios biogênicos, descritos por Santos *et al.* (2009) (Figura 10-5), a saber: (1) abertas com atividade biogênica (presença de rastros, fezes, movimentação recente do sedimento, etc.; Figura 10-5 A, B), evitando a contagem das galerias abandonadas (sem a presença de atividade dos animais; Figura 10-5 C); (2) fechadas recentes (presença de "*plug*" de lama recém colocado; Figura 10-5 D); e (3) fechadas antigas (conhecidas como "batumadas", facilmente identificadas por tênue elevação do sedimento no local e confirmadas por escavação local; Figura 10-5 E).

Para minimizar erros amostrais durante a contagem, todas as galerias utilizadas na estimativa de densidade deverão ter seu ducto acompanhado pela inserção da mão/braço do avaliador, com a finalidade de reconhecer aquelas com dupla abertura, que serão anotadas para desconto ao final. Depois de contada, cada galeria deverá ter sua abertura marcada com um "*peg*" (palito de churrasco), ou simplesmente fechada com lama, evitando uma nova contagem. O somatório do total de galerias com animais em seu interior, abertas com atividades biogênicas, fechadas recentes e "batumadas", dividido pela área do quadrado amostral, constituirá a densidade da espécie, sendo representada como indivíduos/m^2.

Por outro lado, para avaliação da estrutura populacional há necessidade de medição do diâmetro das galerias abertas, com atividade do caranguejo (vide Figura 10-5 A, B), o que será realizado com paquímetro plástico (conforme representado na Figura 10-5 F) ou paquímetro em aço inox adaptado por soldagem de hastes espatulares em inox (10,5 cm de comprimento, 2 cm de largura e 3 mm de espessura) (Figura 10-6), que permite medições mais acuradas (Schmidt *et al.*, 2008). Esse método é amplamente difundido e aceito por vários pesquisadores, evitando a remoção dos animais de suas galerias e permitindo monitoramentos contínuos da estrutura populacional dessa espécie em cada subárea amostral (vide itens "Processamento laboratorial" e "Tratamento e análise de dados"). Certamente, a aplicação desse método de avaliação da densidade e da estrutura populacional permitirá sua comparação com dados pretéritos e futuros, para diferentes manguezais brasileiros, tendo em vista a ampla distribuição geográfica dessa espécie em todos os manguezais brasileiros (Melo, 1996). Considerando os cenários de elevação do NMRM, será especialmente importante o monitoramento da faixa de 10 m do bosque de manguezal (a partir do canal) e de 10 m na transição para a feição "apicum". Nestas faixas, espera-se que ocorram os maiores efeitos sobre a população do caranguejo (densidade e estrutura), devido à elevação do NMRM, maior frequência de inundação pelas marés, alteração da granulometria do sedimento local e, consequentemente, alteração da composição e predominância arbórea local (em escala temporal distinta).

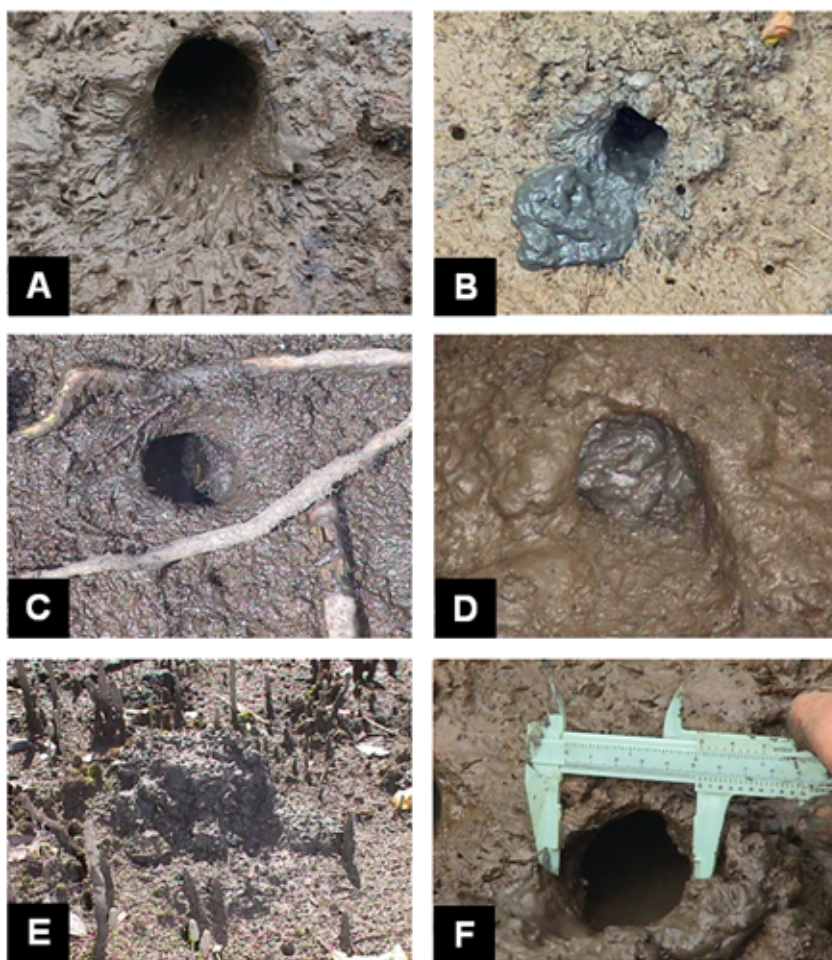



Figura 10-5. Morfologia externa das galerias do caranguejo *Ucides cordatus* (A-E), bem como posição correta do paquímetro durante o registro da medida de diâmetro de abertura das galerias dessa espécie (F). Onde: A, galeria aberta com atividade biogênica (rastros); B, galeria aberta com lama fluida recém retirada; C, galeria aberta sem atividade biogênica ("abandonada"); D, galeria fechada recente ("plugada"); e E, galeria fechada antiga ("batumada"). Fotos: Marcelo Pinheiro.

Figura 10-6. Paquímetro de precisão em aço inox adaptado com hastes metálicas (A) para o registro do diâmetro de abertura das galerias abertas de *U. cordatus* (B). Fotos: Anders Schmidt.

Variáveis Opcionais a Serem Medidas

Será muito vantajoso se a área em estudo tiver sido previamente caracterizada quanto à sua estrutura da vegetação e ao perfil topográfico. No caso da estruturação vegetal existe um protocolo específico para esse fim (vide "Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais" – Capítulo 4). Também existem pelo menos dois métodos para caracterizar o perfil topográfico (vide "Monitoramento da dinâmica vertical de substratos dos ecossistemas manguezal e marisma" – Capítulo 7). A medida da altura de distribuição vertical do "*Bostrychietum*", que se refere ao agrupamento de ma-

croalgas de manguezal que se adere à base do caule das árvores, ou rizóforos de *R. mangle*, (Figura 10-7) também pode apontar resultados interessantes. Para isso, em cada subárea, margem e "apicum", deverá ser estabelecida uma linha de transecção, perpendicular à margem, com 40 metros cada. Cada subárea será subdividida em faixas de 10 metros, subárea de margem: 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 metros a partir dela, o mesmo a partir da área de transição. Em cada faixa será medida a altura do *Bostrychietum* nos rizóforos ou região basal do caule em 15 árvores por faixa, totalizando 60 árvores para a subárea em avaliação (15 árvores x 4 faixas de dez metros x 1 subárea = 60 medidas/subárea).

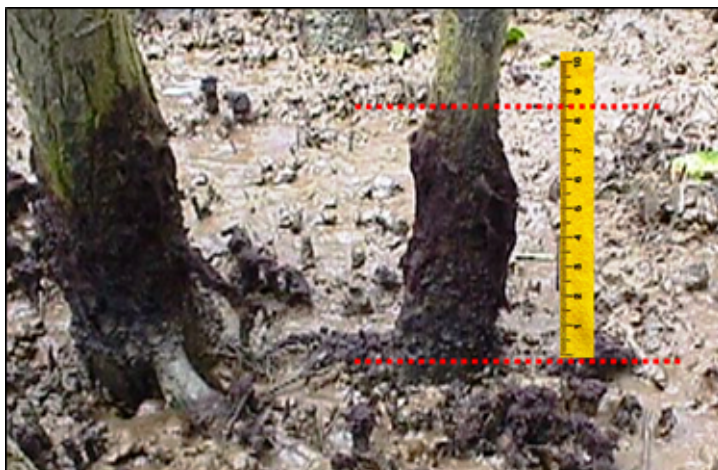



Figura 10-7. Distribuição vertical do adensamento das macroalgas de manguezal ("*Bostrychietum*") sobre a base do tronco das árvores, e rizóforos, onde devem ter sua altura medida com fita métrica. Foto: Marcelo Pinheiro.

Outros parâmetros que seriam de interesse, caso sejam passíveis de registro, são os edáficos, de ordem física (composição granulométrica em cinco frações arenosas + silte + argila) e química (macronutrientes: P, K, Ca, Mg + pH, MO e H+Al; e micronutrientes: B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mg, $S\text{-}SO_4$, S e Al), além da salinidade da água intersticial. Assim, em cada quadrado nas subáreas em estudo, será colhida uma amostra composta do sedimento superficial (<10 cm), totalizando cerca de 2 kg cada, que serão mantidas em caixas térmicas com gelo picado até a chegada ao laboratório. A água intersticial também será coletada em cada quadrado por um equipo (seringa plástica de 20 mL atada a uma mangueira plástica e pedra porosa), que será amostrada a 20-30 cm de profundidade por pressão negativa ao puxar o êmbolo. Cada amostra de água será medida ainda no local com um refratômetro óptico específico para salinidade, sendo também colocada em frasco plástico com tampa de pressão e guardada em caixa térmica com gelo picado até seu transporte ao laboratório, quando ocorrerá confirmação da salinidade em equipamento de maior precisão.

Processamento Laboratorial

Os dados relacionados aos caranguejos, abundância de galerias abertas e fechadas "ativas" e diâmetro das galerias abertas com atividade biogênica, para cada subárea amostral, margem e "apicum" de manguezal, primeiramente serão transferidos por digitação dos formulários de campo para planilhas eletrônicas.

A amostra de sedimento de cada quadrado amostral será previamente peneirada para a remoção e descarte de raízes, folhas e outros, sendo em seguida embalados em dois sacos plásticos devidamente etiquetados para a análise física (1,5 kg) e química (0,5 kg). Essas amostras serão congeladas e enviadas para laboratórios específicos de análise físico-química do solo, existentes na própria universidade ou com direcionamento a laboratórios particulares.

As amostras de água intersticial de cada quadrado terão sua salinidade medida com um salinômetro digital ou refratômetro óptico específico para salinidade, calibrado para esse fim.

De posse de todos os parâmetros abióticos, os dados deverão ser digitados em planilhas eletrônicas, juntamente aos demais de registro direto, sendo a seguir direcionados à análise de dados.

Tratamento e Análise dos Dados

Para avaliar a estrutura populacional da espécie entre as subáreas amostrais (margem *vs.* "apicum") haverá necessidade de confronto de medidas da tendência central de tamanho dos exemplares e, ou somente, entre histogramas de distribuição de frequência em classes de tamanho (vide a seguir). Nesse sentido, haverá a necessidade de conversão do diâmetro da galeria (DG) – medida similar à do comprimento cefalotorácico (CC) do caranguejo – para o tamanho corpóreo do caranguejo, representado pela largura cefalotorácica (LC). Isso é efetuado por equações específicas, propostas para as regiões norte-nordeste e sudeste-sul, que podem ser escolhidas pelo pesquisador em função da latitude onde sua pesquisa for realizada, a saber: (1) regiões norte-nordeste, indicada por Schmidt *et al.* (2008) para o sul do Estado da Bahia, com as variáveis devendo estar em centímetros e requerendo duas etapas de conversão:

DG para CC (DG = 0,36 + 1,04CC; R^2 = 0,72) e CC para LC (LC = −0,05 + 1,30CC; R^2 = 0,98); e (2) regiões sudeste-sul (LC = 13,21 + 0,9602 DG; R^2 = 0,73), recomendada por Pinheiro (2006) para o sul do Estado de São Paulo, nesse caso as variáveis biométricas devem estar em milímetros.

Com todas as variáveis (bióticas e abióticas) já processadas e digitadas nas planilhas eletrônicas, haverá a necessidade de definição de qual medida de tendência central, média ou mediana, deverá ser utilizada para confrontar cada variável entre as subáreas amostrais. Para isso, elas serão submetidas a testes de homocedasticidade das variâncias (Levene) e normalidade (Shapiro-Wilk). A confirmação de normalidade e homogeneidade para uma mesma variável permitirá o uso de testes paramétricos (teste t, para duas subáreas ou áreas amostrais; ANOVA, para três ou mais subáreas ou áreas amostrais), com posterior confronto das médias pelo teste de Tukey (Sokal & Rohlf, 2003). Caso a hipótese de normalidade e homocedasticidade não se confirmem, o teste mais indicado será um não paramétrico (Kruskal-Wallis), com posterior comparação entre medianas por comparação múltipla entre tratamentos (Siegel & Castellan-Jr., 1988). Todas as análises serão estabelecidas a 5% de significância estatística, em ambiente R 2.15.0 (Ihaka & Gentleman, 1996).

Com as ferramentas estatísticas anteriormente citadas será possível avaliar diferenças para cada parâmetro, seja em nível espacial (margem *vs.* "apicum" ou entre áreas de manguezal em distintas regiões geográficas), sazonal (época reprodutiva/verão *vs.* época não reprodutiva/inverno), ou temporal (intervalo de tempo definido pelo pesquisador). Tais resultados poderão, assim, ser confrontados aos de densidade (ind./m^2) e estrutura populacional da espécie, neste último caso, por comparação das médias ou medianas de tamanho ou por comparação de histogramas de frequência em classes de tamanho de 5 mm.

Importante destacar que este protocolo tem interface e relação com outros propostos para áreas de manguezal pela ReBentos, com vistas ao seu uso para a detecção de mudanças climáticas locais e regionais. Assim, sempre que possível, recomenda-se a conciliação do uso desses protocolos de forma associativa, possibilitando, dessa forma, compreensão mais holística aos processos do ecossistema manguezal.

AUTORES

Marcelo Antonio Amaro Pinheiro – Universidade Estadual Paulista – UNESP

(autor para correspondência: pinheiro@clp.unesp.br)

Renato de Almeida – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Referências

Almeida, R. 2005. *Dinâmica da serrapilheira e funcionamento do ecossistema, Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo, Brasil*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, p. 183.

Amouroux, J.M.; Tavares, M. 2005. "Natural recovery of Amazonian mangrove forest as revealed by brachyuran fauna: preliminary description". *Vie Milieu*, 55(2): 71-79.

Botto, F.; Iribarne, O.O. 2000. "Contrasting effects of two burrowing crabs (*Chasmagnathus granulata* and *Uca uruguayensis*) on sediment composition and transport in estuarine environments". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(2): 141-151.

Costa, R.S.D. 1972. *Fisioecologia do caranguejo-uçá, Ucides cordatus (Linnaeus, 1763) - Crustáceo Decápode - no Nordeste Brasileiro*. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, p. 121.

Christofoletti, R.A.; Hattori, G.Y.; Pinheiro, M.A.A. 2013. "Food selection by a mangrove crab: temporal changes in fasted animals". *Hydrobiologia*, 702: 63-72.

Gilman, E.L.; Ellison, J.; Duke, N.C.; Field, C. 2008. "Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review". *Aquatic Botany*, 89: 237-250.

Hattori, G.Y. 2006. *Densidade e estrutura populacional do caranguejo de mangue,* Ucides cordatus *(Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae), em Iguape (SP)*. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, p. 146.

Hattori, G.Y.; Souza, A.J.F.; Pedrosa, J.M.M.; Pinheiro, M.A.A. 2004a. *Tamanho do quadrado ideal para amostragem da densidade populacional do caranguejo* Ucides cordatus *(Linnaeus, 1763)*. Resumos do XXV Congresso Brasileiro de Zoologia, Brasília, DF: 66-67.

Hattori, G.Y.; Christofoletti, R.A. & Pinheiro, M.A.A. 2004b. *Ideal quadrat size for sampling density of* Ucides cordatus *(Brachyura, Ocypodidae) in different mangrove vegetations*. Abstracts of 3rd Brazilian Crustacean Congress & 2004 The Crustacean Society Meeting, Florianópolis, SC: 64.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. *Proposta de Plano Nacional de Gestão para o Uso Sustentável do Caranguejo-Uçá, do Guaiamum e do Siri-Azul*. J. Dias-Neto (Org.), Brasília, DF: IBAMA, p. 156.

Ihaka, R.; Gentleman, R. 1996. "R: a language for data analysis and graphics". *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5: 299-314.

Kristensen, E. 2008. "Mangrove crabs as ecosystem engineers; with emphasis on sediment processes". *Journal of Sea Research*, 59: 30-43.

Marengo, J.A.; Ambrizzi, T.; Rocha, R.P.; Alves, L.M.; Cuadra, S.V.; Valverde, M.C.; Torres, R.R.; Santos, D.C.; Ferraz, S.E.T. 2010. "Future change of climate in South America in the late twenty-first century: inter comparison of scenarios from the three regional climate models". *Climate Dynamics*, 35: 1073-1097.

Matsumasa, M.; Takeda, S.; Poovachiranon, S.; Murai, M. 1992. "Distribution and shape of *Dotilla myctiroides* (Brachyura: Ocypodidae) burrow in the seagrass *Enhalus acoroides* zone". *Benthos Research*, 43: 1-9.

Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo, SP: Editora Plêiade, p. 604.

Morrisey, D.J.; Skilleter, G.A.; Ellis, J.I.; Burns, B.R.; Kemp, C.E.; Burt, K. 2003. "Differences in benthic fauna and sediment among mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) stands of different ages in New Zealand". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56: 587-592.

Nomann, B.E.; Pennings, S.C. 1998. “Fiddler crab-vegetation interactions in hypersaline habitats”. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 225(1): 53-68.

Oliveira, D.A.F. 2005. *Distribuição espacial do caranguejo-uçá,* Ucides cordatus *(Linnaeus, 1763) (Crustacea, Brachyura, Ocypodidae)*. Monografia de Bacharelado. Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental do Litoral Paulista, São Vicente-SP, p. 57

Pinheiro, M.A.A. 2006. *Biologia e manejo do caranguejo-uçá,* Ucides cordatus *(Linnaeus, 1763) (Crustacea, Decapoda, Brachyura)*. Relatório Científico Final do Projeto Uçá II (FAPESP). São Vicente, SP: FAPESP/UNESP, Campus Experimental do Litoral Paulista (CLP), p. 409.

Pinheiro, M.A.A.; Fiscarelli, A.G. 2001. *Manual de apoio à fiscalização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*)*. Itajaí, SC: UNESP/CEPSUL-IBAMA, p. 43.

Ribeiro, P.D.; Iribarne, O.O.; Daleo, P. 2005. “The relative importance of substratum characteristics and recruitment in determining the special distribution of the fiddler crab *Uca uruguayensis* Nobili”. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 314: 99-111.

Sant’Anna, B.S.; Borges, R.P.; Hattori, G.Y.; Pinheiro, M.A.A. 2014. *Reproduction and management of the mangrove crab* Ucides cordatus *(Crustacea, Brachyura, Ucididae)* at Iguape, São Paulo, Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 86(3): 63-73.

Santos, C.M.H.; Pinheiro, M.A.A.; Hattori, G.Y. 2009. “Orientation and external morphology of burrows of the mangrove crab *Ucides cordatus* (Crustacea, Brachyura, Ucididae)”. Journal of the *Marine Biological Association of United Kingdom*, 89(6): 1117-1123.

Schmidt, A.J. 2006. *Estudo da dinâmica populacional do caranguejo-uçá,* Ucides cordatus cordatus *(Linnaeus, 1763) (Crustacea-Decapoda-Brachyura), e dos efeitos de uma mortalidade em massa desta espécie em manguezais do Sul da Bahia*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, p. 150.

Schmidt, A.J.; Oliveira, M.A.; Souza, E.P.; May, M.; Araújo, S.M.B. 2008. “Relação entre abertura de galeria e comprimento de cefalotórax do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (Crustacea-Decapoda-Brachyura)”. *Boletim Técnico-Científico do CEPENE*, 16(1): 51-58.

Schmidt, A.J.; Bemvenuti, C.E.; Diele, K. 2012. “Effects of geophysical cycles on the rhythm of mass mate searching of a harvested mangrove crab”. *Animal Behaviour*, 84: 333-340.

Siegel, S.; Castellan Jr., N.J. 1988. *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. New York, NY: McGraw-Hill, 2ª Ed, p. 400.

Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 2003. *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research.* New York, NY: W.H. Freeman, 3ª Ed, p. 887.

Warren, J.H. 1990. “The use of open burrows to estimate abundances of intertidal estuarine crabs”. *Australian Journal of Ecology*, 15: 277-280.

Wiegert, R.G. 1962. “The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of grasses and forbs”. *Ecology*, 43: 125-129.

Wunderlich, A.C.; Pinheiro, M.A.A.; Rodrigues, A.M.T. 2008. “Biologia do caranguejo-uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus) (Crustacea, Decapoda, Brachyura), na Baía da Babitonga, Santa Catarina, Brasil”. *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(2): 188-198.

Wunderlich, A.C.; Pinheiro, M.A.A. 2013. “Mangrove habitat partitioning by *Ucides cordatus* (Ucididae): effects of the degree of tidal flooding and tree-species composition during its life cycle”. *Helgoland Marine Research*, 67(2): 279-289.

ANEXO 10-I – FORMULÁRIO DE CAMPO

REBENTOS Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros	Monitoramento da Densidade e Estrutura Populacional do Caranguejo-Uçá, *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763)				
Estado (UF):	Município:			Local:	
Data de coleta:		Hora inicial (h:min.):		Hora final (h:min.):	
Fase Lunar: ( ) Cheia ( ) Nova ( ) Crescente ( ) Minguante			Altura de Maré Alta (m):	Altura de Maré Baixa (m):	
MARGEM DO MANGUEZAL					
SEDIMENTO	**Valores nas Unidades Amostrais (5 quadrados 5x5m)**				
	1	2	3	4	5
Granulometria					
Macro/Micronutrientes					
SALINIDADE	**Valores nas Unidades Amostrais (5 quadrados 5x5m)**				
	1	2	3	4	5
Sedimento (intersticial)					
GALERIAS DO CARANGUEJO-UÇÁ	**Abundância nas Unidades Amostrais (5 quadrados 5x5m)**				
	1	2	3	4	5
Abertas (com atividade biogênica)					
Abertas Abandonadas (sem atividades biogênicas)					
Fechadas Recentes (plugadas)					
Fechadas Antigas ("batumadas")					
TOTAL					
"APICUM" DO MANGUEZAL					
SEDIMENTO	**Valores nas Unidades Amostrais (5 quadrados 5x5m)**				
	1	2	3	4	5
Granulometria					
Macro/Micronutrientes					
SALINIDADE	**Valores nas Unidades Amostrais (5 quadrados 5x5m)**				
	1	2	3	4	5
Sedimento (intersticial)					
GALERIAS DO CARANGUEJO-UÇÁ	**Abundância nas Unidades Amostrais (5 quadrados 5x5m)**				
	1	2	3	4	5
Abertas (com atividade biogênica)					
Abertas Abandonadas					
(sem atividades biogênicas)					
Fechadas Recentes (plugadas)					
Fechadas Antigas ("batumadas")					
TOTAL					

Capítulo 11

MONITORAMENTO DE ECOSSISTEMAS BENTÔNICOS ESTUARINOS

Angelo F. Bernardino, Francisco Barros, Larisse F. Perez, Sergio A. Netto, Leonir A. Colling, Paulo R. Pagliosa, Paulo C. Lana, Rafaela C. Maia, Ronaldo A. Christofoletti, José Souto R. Filho, Tânia M. Costa

Foto: Lorena Bissoli

Introdução

Estuários são ecossistemas de transição continente-oceano com alta produtividade biológica, distinta biodiversidade bentônica e que sustentam importantes bens e serviços ambientais à humanidade. Estuários estão intimamente associados à dinâmica físico-química costeira, incluindo interações entre variáveis biológicas, meteorológicas e oceanográficas. Esses processos interagem e estruturam as comunidades bentônicas estuarinas através de complexas interações em diferentes escalas espaciais (e.g. local, regional e global) e temporais (e.g. diária, sazonal e anual).

Nas últimas décadas, atividades antrópicas têm contribuído para a transformação dos ecossistemas estuarinos, seja pela massiva introdução de efluentes, ocupação urbana e remoção de áreas vegetadas, intervenções na hidrodinâmica costeira, ou por crescentes atividades pesqueiras e de maricultura. Além dos intensos impactos locais e regionais sobre os estuários, mudanças climáticas globais também poderiam exercer pressão sobre a dinâmica desses ecossistemas e suas comunidades de uma maneira, escala e intensidades ainda pouco estudadas. Alterações climáticas como mudanças na temperatura, no nível médio do mar e no regime pluviométrico, têm potencial para alterar os regimes hidrológicos e biogeoquímicos existentes, representando talvez a maior ameaça aos ecossistemas estuarinos em escala global (Nicholls *et al.*, 1999; Gilman *et al.*, 2008). Mudanças na hidrologia estuarina podem, por exemplo, alterar a salinidade média estuarina, modificando padrões de distribuição e produtividade de invertebrados e alterar a cadeia trófica estuarina. Os impactos resultantes de alterações climáticas são de difícil previsão e poderão ser mais acentuados em estuários já impactados regionalmente, colocando seriamente em risco a biodiversidade bentônica estuarina e seu equilíbrio ecológico.

O planejamento para estudos de mudanças climáticas em ecossistemas bentônicos estuarinos requer prévio entendimento dos principais agentes que regulam a dinâmica estuarina, além das possíveis mudanças regionais esperadas entre esses agentes. O Grupo de Trabalho (GT) Estuários identificou as principais vulnerabilidades de ecossistemas bentônicos estuarinos frente às mudanças no clima e elencou duas variáveis centrais na dinâmica estuarina a serem monitoradas: temperatura atmosférica e salinidade. A priorização desses parâmetros justifica-se pela sua relativa facilidade de monitoramento local e regional, assim como pela disponibilidade de dados históricos através de redes meteorológicas nacionais (Bernardino, *et al.*, 2015; no prelo)

Considerando a ampla heterogeneidade climática existente no Brasil, o GT utilizou referências atuais (Marengo *et al.*, 2010; McGlone & Vuille, 2012), que melhor apresentam cenários de alterações climáticas atmosféricas e sua relação com fenômenos de ENSO (El Niño Southern Oscilation) previstos para o Brasil entre os anos de 2071 a 2100, na hipótese de manutenção do cenário de altas emissões de CO_2 feitas pelo IPCC (cenário A2, IPCC, 2007). Além da evidente importância dos parâmetros climáticos de temperatura e pluviometria para o funcionamento de ecossistemas bentônicos estuarinos, o GT identificou a elevação no nível médio do mar como um terceiro importante componente, e que também possui forte suporte científico (e.g. Meier *et al.*, 2007; IPCC, 2007). Porém, quantificar e monitorar alterações de nível médio do mar em regiões costeiras é complexo e necessita de rigoroso acompanhamento técnico e de equipamentos de custo elevado. Assim, visando a ampla execução deste protocolo, não incluímos o monitoramento do nível médio do mar nos monitoramentos estuarinos. Em algumas previsões climáticas é frequente observarmos tendências heterogêneas (i.e. na intensidade de mudança) ou até opostas regionalmente. Por exemplo, modelos climáticos indicam diminuição da pluviosidade média ao longo de grande parte do Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil, mas com tendência oposta na região Sul (Marengo *et al.*, 2010 – Tabela 11-1). No entanto, as previsões de aumento de temperatura média e elevação do nível do mar são consistentes em todo o território nacional e suas regiões costeiras (Angulo & Lessa, 1997; Meier *et al.*, 2007; Raicich, 2008; Marengo *et al.*, 2010).

Tabela 11-1. Previsões climáticas baseadas em modelos regionais e globais para as regiões brasileiras

	Norte	**Nordeste**	**Sudeste**	**Sul**
Pluviosidade	-	-	-	+
Temperatura atmosférica	+	+	+	+
Variação do nível médio do mar	+	+	+	+
Previsão de efeitos no ecossistema bêntico estuarino	Alterações na salinidade média; mudanças no metabolismo e produtividade de espécies bentônicas, deslocamento de populações entre regiões salinas, invasão de espécies.			
Previsões de acordo com Marengo et al. (2010); + indica aumento; - indica diminuição				

A partir das projeções climáticas disponíveis, o GT procurou por modelos biológicos (*i.e.* no nível de indivíduos, populações ou comunidades) com íntima relação com as variáveis de interesse (temperatura e salinidade). Esses modelos foram exaustivamente debatidos, no entanto, o grupo entende que a definição dos melhores modelos para estudos de longo prazo necessitam de um protocolo de amostragem simplificado e passível de ser praticado por todos os pesquisadores de estuários. Dessa maneira, o protocolo apresentado a seguir satisfaz os objetivos da ReBentos apresentando recomendações mínimas de amostragem que podem ser facilmente replicadas por pesquisadores em todo o Brasil.

Este protocolo apresenta de forma objetiva as etapas para utilizar animais bentônicos estuarinos como modelos para acompanhamento de mudanças na pluviosidade e temperatura (além de outras co-variáveis) em estuários brasileiros. Trata-se de um protocolo de simples execução, justificável cientificamente e ao mesmo tempo atrativo a novos participantes, amplificando o alcance da ReBentos. O objetivo deste protocolo é guiar o pesquisador, em qualquer região costeira brasileira, para iniciar o monitoramento de possíveis efeitos produzidos por mudanças climáticas em ecossistemas estuarinos brasileiros, utilizando animais bentônicos como indicadores. Como detalhado acima, as hipóteses de estudo que suportam as variáveis de interesse da ReBentos GT-Estuários são baseadas nas previsões climáticas a partir de modelos regionais e globais (Marengo *et al.*, 2010; McGlone & Vuille, 2012) e podem ser, simplificadamente, organizadas por região do território nacional (Tabela 11-1).

Baseando-se nessas previsões, pesquisadores de todas as regiões do Brasil podem escolher um estuário para estudo e iniciar o monitoramento. O número de indicadores a serem monitorados em cada estuário pode ser determinado por cada grupo de pesquisa, considerando a logística, infraestrutura e os recursos humanos disponíveis. Porém, para a escolha de estuários e definições de sítios de estudo, fazemos uma série de recomendações, conforme a seguir.

Métodos

Planejamento Amostral

Em um cenário ideal, o GT Estuários deve contar com monitoramentos em todas as regiões da costa brasileira (*i.e.* N, NE, SE e S) e, em cada região, a escolha de estuários para monitoramento deve primeiramente satisfazer: 1) estuários com mínima influência antrópica (*e.g.* urbanização, poluição), e 2) priorizar estuários inseridos em áreas de preservação estadual ou federal, quando possível. No segundo caso, além da necessidade de autorização dos órgãos ambientais competentes (*e.g.* ICMBio, IEMAs), a coordenação da ReBentos, quando solicitada, poderá reforçar o contato com os órgãos públicos e solicitar apoio logístico local, caso existente e disponível.

Em cada estuário será definida uma "área", fixa ao longo do tempo, para monitoramento. Essa área de estudo deverá estar localizada no setor euhalino ou baixo estuário (*sensu* McLusky & Eliott, 2006). Essa padronização evita a introdução de fatores de confusão decorrentes da ampla variabilidade físico-química estuarina e permite significativa redução no esforço amostral do estudo. É desejável que essa área contenha uma franja de 250-350 metros de planície de maré seguida por manguezal ou marisma, sendo representativa dos ecossistemas dominantes (ou paisagem) no estuário em questão.

Uma vez definida a localização da área de estudo, ela será dividida em três "sítios" (Figura 11-1). Cada sítio de estudo deve conter um trecho de franja de aproximadamente 50 metros lineares, contíguos e paralelos ao estuário. Cada sítio deverá também ter uma extensão de 50 metros perpendicular ao estuário, ou seja, em direção ao bosque de mangue ou marisma. Assim, cada área irá conter 3 sítios de estudo, espaçados entre si por 50-100 metros de distância. Cada sítio irá conter, perpendicularmente ao canal estuarino, habitats bentônicos não-vegetados e vegetados (Figura 11-1). Esses habitats, então, ilustram basicamente ecossistemas distintos presentes em um único sítio de estudo, e serão amostrados de maneira distinta como exemplificado a seguir.

De forma resumida, alguns princípios práticos para determinação da área e dos sítios de estudo incluem:

- No baixo estuário uma área será estabelecida e 3 sítios serão delimitados por uma região contígua de 50 m x 50 m (largura x comprimento);
- Cada sítio abrigará 2 habitats (vegetado e não-vegetado). A escolha do tipo de vegetação depende de sua dominância no local;
- Cada sítio amostral (mínimo n=3) deve possuir uma distância de 50-100 metros entre si (Figura 11-1). Em marismas com reduzida extensão, os sítios amostrais deverão ocorrer em um mesmo banco (ANEXO 11-II);
- Na região de borda dentro das áreas vegetadas de manguezal os primeiros 10 metros devem ser desconsiderados (zona de borda na Figura 11-1). Ressalta-se que na maioria dos casos essa exclusão é desnecessária quando a área vegetada for uma marisma;
- Os sítios de estudo podem ser diferenciados em seu desenho espacial, descrito para permitir a amostragem de gastrópodes (*Littoraria*) e caranguejos (*Uca*) em locais onde estas espécies não ocorrem contiguamente, respeitando-se a amostragem no setor euhalino estuarino. Por exemplo, em sítios onde *Uca* spp. não ocorre em baixios lamosos, pode se realizar a amostragem em áreas de transição entre bosques e restinga.

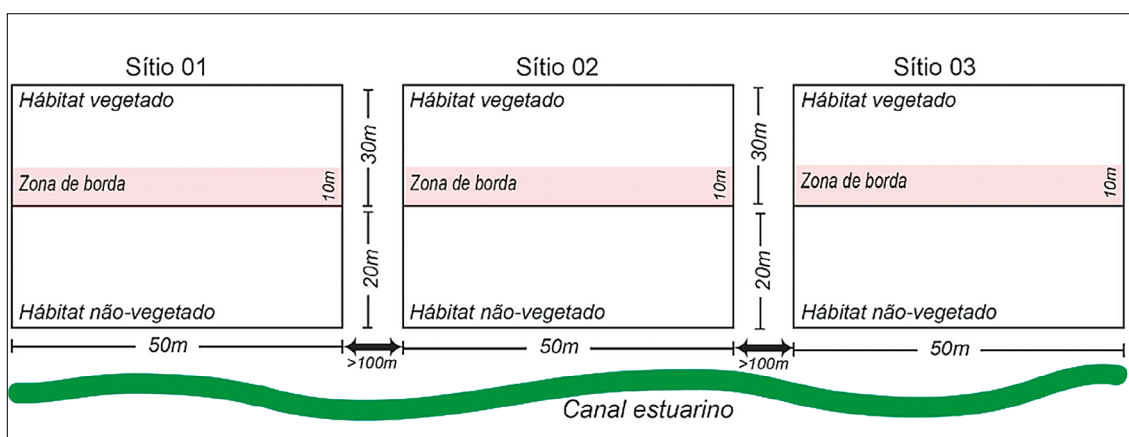



Figura 11-1. Esquema de organização espacial dos sítios de amostragem no baixo estuário.

Amostragem

Cada sítio de estudo irá incorporar substratos caracterizados por fundos vegetados e não-vegetados, sejam estes contíguos (Figura 11-1) ou separados. Os habitats vegetados serão representados por manguezais (limitadas ao sul até o estado de Santa Catarina; Schaeffer-Novelli *et al.*, 1990), e por marismas (Laguna, em Santa Catarina até o estado do Rio Grande do Sul). Os métodos de amostragem e as populações-alvo diferem de acordo com o tipo de cobertura vegetal (*i.e.* habitats) como descrito no ANEXO 11-II. Os habitats não-vegetados são representados tipicamente pelas planícies de maré localizadas nas margens dos canais estuarinos.

A fauna bentônica alvo desse monitoramento incluirá animais da megafauna comumente presentes em árvores de mangue, como gastrópodes *Littoraria angulifera*, ou observados em sedimentos não vegetados, como caranguejos do gênero *Uca* spp. (existem cerca de dez espécies descritas no Brasil; Melo, 1996; Thurman, *et al.*, 2013). Em algumas localidades onde não ocorre *Uca* nas margens dos canais estuarinos, os habitats não vegetados podem ser representados por apicuns ou regiões de transição entre manguezal e restinga que abriguem grandes densidades desses caranguejos. Nesses casos, deve-se tomar o cuidado para estabelecer os sítios amostrais em habitats similares dentro de uma mesma área de estudo

(*e.g.* três sítios em região de transição manguezal-restinga dentro da Baía de Paranaguá). Da mesma maneira, a amostragem de animais da epifauna arborícola (gastrópodes) ou sedimentar (*Uca*) não necessita ocorrer em um mesmo sítio em locais onde estes animais não co-ocorrem, mas deve-se observar que todos os sítios amostrais devem se localizar dentro do baixo estuário.

A amostragem da fauna é específica para cada habitat:

Habitats não Vegetados

Nos sedimentos não-vegetados, serão amostradas caranguejos do gênero *Uca* e a macroinfauna (>500 µm). Em cada sítio, a amostragem de *Uca* será realizada pela contagem de indivíduos em quadrats aleatórios (75 x 75 cm). Após o posicionamento aleatório do quadrat, prosseguir com contagem das tocas e a captura dos indivíduos, tomando cuidado para diferenciar eventuais aberturas no sedimento criadas por animais depositívoros como bivalves e anelídeos (estes buracos não devem ser contados como tocas na medida do possível). A captura dos ucas será manual e os animais coletados podem ser acondicionados em sacos plásticos e congelados em laboratório até análise. Recomenda-se colocar folhas ou detritos nos sacos para evitar perda de partes do animal. Durante o campo, os animais podem ser colocados em um isopor com gelo logo após coleta para baixar o ritmo de atividade.

A macroinfauna também será amostrada nos habitats não-vegetados e nas marismas (ANEXO 11-II) objetivando acompanhar densidade, biomassa e produtividade secundária dos animais. Em cada sítio, usar um tubo (PVC ou acrílico) de 10 cm de diâmetro e introduzi-lo a 10 cm de profundidade no sedimento. Serão coletadas três amostras de macroinfauna por sítio, de forma aleatória, em locais sem perturbação por pisoteio. Essas amostras podem ser acondicionadas em sacos plásticos, e fixadas em formol diluído em água do mar a 4%. Após fixação (> 48 horas), as amostras podem ser peneiradas com água corrente em malha de 500 µm, e preservadas em álcool 70% até análise.

Habitats Vegetados

Em bosques de mangue serão amostrados gastrópodes arborícolas do gênero *Littoraria*. Em cada sítio com presença de mangue, ao longo de um transecto de 20 m, perpendicular ao estuário, os gastrópodes aderidos às raízes e aos troncos das árvores, até o nível da altura do peito (aproximadamente 1-1,5 m acima do solo), deverão ser amostrados. Aproximadamente 20 indivíduos serão amostrados por transecto, totalizando aproximadamente 60 indivíduos coletados na área de estudo.
Nas marismas, a amostragem da macroinfauna consistirá de três amostras aleatórias tomadas com tubo (PVC ou acrílico) de 10 cm de diâmetro a 10 cm de profundidade no banco. A fixação e preservação das amostras são idênticas às descritas acima.

Repetição da Amostragem no Tempo

O objetivo da ReBentos é monitorar variações decorrentes do clima, ou seja, em escalas de décadas. Assim, para viabilizar o monitoramento de longo prazo, o esforço amostral mínimo em cada área de estudo deverá incluir duas campanhas de coleta por período, sempre realizadas ao final de temporadas anuais de chuva e seca. De acordo com a identificação histórica dessas temporadas durante o ano em cada região de estudo, as estações chuvosas e secas estão concentradas, de acordo com a região, nos meses (Tabela 11-2):

Tabela 11-2. Períodos com dominância de chuvas e secas nas regiões brasileiras

Região	Chuva	Seca
Norte (incluindo MA, PI e CE)	Fev-Mar	Out-Nov
Nordeste (RN a BA)	Jul-Ago	Jan-Mar
Sudeste	Fev-Mar	Set-Out
Sul	Jul-Ago	Fev-Mar

Dessa maneira teríamos, por exemplo, em um estuário localizado na região Sudeste, duas campanhas de coleta nos meses de fevereiro e março, representando o período chuvoso; e outras duas campanhas de coleta nos meses de setembro e outubro, representando o período seco.

Análises Laboratoriais e de Dados

Epifauna

Nas amostras de epifauna (*Uca* e *Littoraria*), a coleta e análise de dados deverá incluir: (1) número de indivíduos por espécies ou morfotipo (riqueza); (2) tamanho (comprimento e largura – C x L) e biomassa (peso seco ou peso seco livre de cinzas) e (3) cálculo de produção secundária a partir da biomassa (ANEXO 11-III).

A epifauna deve ser identificada e ter o sexo determinado (caranguejos), medida (comprimento e largura – Figura 11-2), e pesada sob balança com precisão mínima de 0,1 mg. Para pesagem úmida, estabelecer um tempo de 2 min para estabilização do peso e anotação do valor.

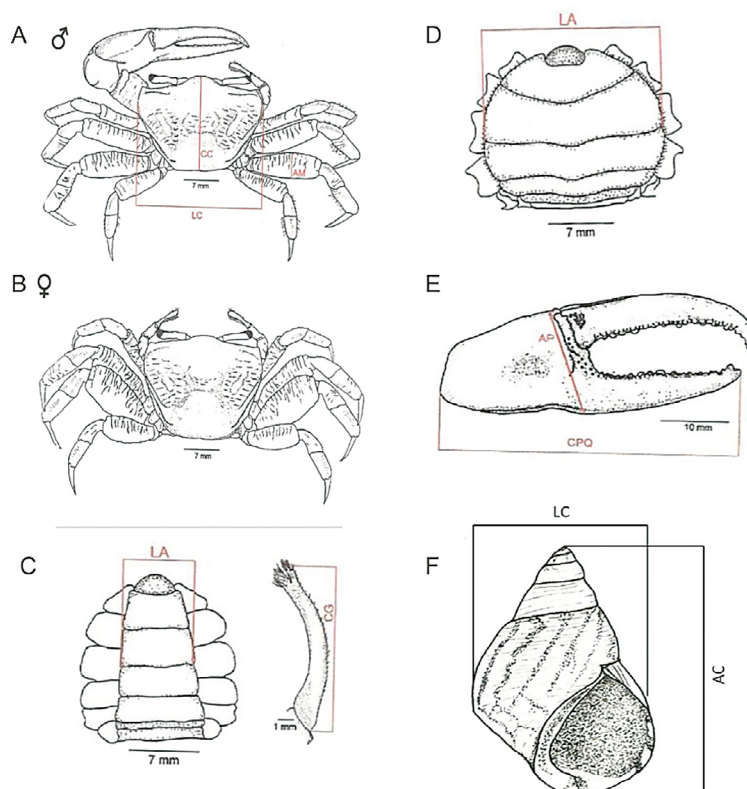



Figura 11-2. Guia visual de medições a serem retiradas de Caranguejos *Uca* spp. (painéis A-E) e de *Littoraria angulifera* (painel F). A. Vista dorsal de um macho, LC = largura da carapaça, CC = comprimento da carapaça, AM = altura do mero do 3o pereópodo; B. Vista dorsal de uma fêmea; C. Abdome de um macho, LA= largura do abdome na base do 5o somito abdominal, CG= comprimento do gonóporo; D. Abdome de uma fêmea, LA= largura do abdome na base do 5o somito abdominal; E. Quelípodo maior do macho, AP= altura do própodo, CPQ= comprimento do própodo quelar; F. Concha de *Littoraria angulifera*, LC= largura da concha, AC= altura da concha. Imagens: T. M. Costa e R. C. Maia.

Macroinfauna

As amostras da macroinfauna fixadas em formalina 4% devem ser lavadas na malha de 0,5 mm e preservadas em álcool 70%. Os animais devem ser triados e identificados e suas biomassas determinadas em grupos taxonômicos mais inclusivos (classe ou ordem; ver "Referências Bibliográficas para Taxonomia"). Os dados de abundância e biomassa deverão ser lançados em planilhas disponibilizadas (Tabela 11-5 – ver adiante), e serão utilizados posteriormente para cálculo de produção secundária. Os protocolos de cálculo de produção secundária baseiam-se nas medidas de tamanho e/ou peso dos animais (ANEXO 11-III, relações produção x biomassa - P/B; Brey, 2001).

Sedimentos

Para caracterizar as áreas de estudo, amostras compostas de sedimentos podem ser coletadas uma vez ao ano. Uma amostra composta para análises sedimentares consiste em misturar um tubo de sedimento (10 cm de diâmetro x 10 cm de profundidade) amostrado em cada um dos 3 sítios de uma área, misturados, e retirada uma quantidade aproximada de 100 gramas. Essa amostra composta deve ser levada para laboratório e congelada até a realização de análises granulométricas e de matéria orgânica. As análises sedimentares para determinação de granulometria e conteúdo de matéria orgânica (MO) deverão obedecer ao protocolo de determinação das propriedades sedimentológicas (ANEXO 11-IV). As amostras serão analisadas por peneiramento (fração areia) e pipetagem ou difração a *laser* (fração lama) e conteúdo de MO.

Caracterização e Monitoramento Físico-Químico-Geológico

Reconhecendo a ampla dinâmica físico-química e geológica dos estuários a serem monitorados, recomenda-se adicionalmente um protocolo ambiental mínimo para cada área de estudo, que deverá ser realizado apenas na primeira campanha visando obter dados descritivos das áreas. Na primeira visita e no momento de escolha dos sítios, os pesquisadores deverão identificar a estrutura de bosque de mangue ou marismas, medindo variáveis que indiquem a composição, densidade e altura da vegetação (Mangue ou *Spartina*; ANEXO 11-I).

Os pesquisadores da rede devem auxiliar na consolidação e obtenção de dados físico-químicos constantes em suas áreas de estudo. Dessa forma, é recomendado que cada pesquisador obtenha periodicamente os seguintes parâmetros em seus estuários:

- Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos*. Como esses dados ficam disponíveis eletronicamente por um período de 90 dias desde sua aquisição, cabe aos pesquisadores realizarem sistemática aquisição desses dados ao longo dos anos (em torno de quatro vezes ao ano);
- Quantificar o peso úmido e o peso seco do biodetrito sedimentar proveniente das amostras de macrofauna coletadas por tubos, retirando o detrito retido nas malhas após peneiramento da fauna;
- Dados de vazão do estuário, que podem ser adquiridos junto à Agência Nacional das Águas (ANA – www.ana.gov.br).

Esses dados poderão ser arquivados e disponibilizados no Banco de Dados da ReBentos para a realização de sínteses e preparação de artigos, sendo garantida a autoria a quem gerou os dados (ver Capítulo 1). Obviamente cada pesquisador tem a liberdade de utilizá-los em trabalhos correlatos em suas áreas de estudo.

* CPTEC http://www.cptec.inpe.br
SIMCos http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html
Instituto Nacional de Meteorologia http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs.php
Climatempo http://www.climatempo.com.br/

Sistematização na Anotação de Dados e demais Análises

Após a coleta, análise e obtenção dos dados, é fundamental a sistematização de tabelas para tornar compatíveis as comparações regionais e temporais entre equipes do GT Estuários. Para facilitar a anotação de dados, são disponibilizadas aqui planilhas modelo para o preenchimento dos dados:

- Tabela 11-3: planilha de registro de amostragem;
- Tabela 11-4: planilha de dados de *Uca;*
- Tabela 11-5: planilha de dados de macrofauna;
- Tabela 11-6: planilha de dados de *Littoraria angulifera.*

Após a aquisição de dados, a rede viabilizará a análise conjunta de dados entre seus membros e todos os pesquisadores com dados disponíveis serão convidados a participar dos produtos gerados. A ReBentos irá disponibilizar formas de armazenamento e depositório de dados online (ver seção "Banco de Dados" - Capítulo 1).

Tabela 11-3. Planilha para controle das atividades de laboratório e análise de dados

Area de estudo (Estuário):			2012				2013			
Local / UTM - Lat.:			Verão/Chuvoso A	Verão/Chuvoso B	Inverno/Seco A	Inverno/Seco B	Verão/Chuvoso A	Verão/Chuvoso B	Inverno/Seco A	Inverno/Seco B
	Long.:		Data:	Data:	Data:	Data:	Data:	Data:	Data:	Data:
ANÁLISES - (c) coletado/ (a) analizado	Littoraria	Identificação do sexo								
		Medidas (comprim. e larg. Em mm)								
		Peso								
		Triagem								
		Identificação								
		Biomassa (PU, PS, PSLC)*								
		Produção secundária								
	Estrutura de Bosque ou Marisma	Mangue: CAP e AT **								
		Densidade, Dominância e frequência de inds								
	Uca	Identificação do sexo								
		Medidas (comprim. e larg.)								
		Triagem								
		Identificação								
		Biomassa (PU, PS, PSLC)*								
		Produção secundária								
	Macrofauna	Triagem								
		Identificação								
		Biomassa (PU, PS, PSLC)*								
		Produção secundária								
	Sedimento	Granulometria do sedimento								
		MO								
Instruções	* Peso Úmido, Peso Seco, Peso Seco Livre de Cinzas ** CAP: Circunferência à altura do peito; AT: Altura total Editar somente células em branco NAO INSERIR DADOS NESTA PLANILHA, SOMETE PARA CONTROLE DAS ATIVIDADES! LEGENDA: marcar atividades realizadas com c - para somente coletado ou a - coletado e analizado (dados prontos)									
Equipe responsável - coordenador:										

Tabela 11-4. Planilha para inserção dos dados sobre o caranguejo *Uca*

Uca												
Estação: Ano: Campanha:												
Sítio 1												
Espécies encontradas:												
Amostra	Indivíduo	LC	CC	AM	LA (M)	CG	LA (F)	AP	CPQ	PU	PS	PSLC
Quadrat 1												
(n° de tocas)												
Quadrat 2												
(n° de tocas)												
Quadrat 3												
(n° de tocas)												
Sítio 2												
Espécies encontradas:												
Amostra	Indivíduo	LC	CC	AM	LA (M)	CG	LA (F)	AP	CPQ	PU	PS	PSLC
Quadrat 1												
(n° de tocas)												
Quadrat 2												
(n° de tocas)												
Quadrat 3												
(n° de tocas)												
Legenda: LC - largura carapaça; CC - comprimento carapaça; AM - altura mero; LA (M)- largura abdomen macho; CG - comprimento gonópodo; LA (F) - largura abdomen fêmea; AP - altura própodo; CPQ - comprimento própode quelar; PU - peso úmido; PS - peso seco; PSLC - peso seco livre cinzas.												

Tabela 11-5. Planilha para inserção dos dados de biomassa da macroinfauna.

Macrofauna					
Estação: Ano: Campanha:					
Sítio 1					
		Abundância	PU	PS	PSLC
Corer A	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Corer B	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Corer C	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Sítio 2					
		Abundância	PU	PS	PSLC
Corer A	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Corer B	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Corer C	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Sítio 3					
		Abundância	PU	PS	PSLC
Corer A	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Corer B	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Corer C	Aciculata				
	Scolecidae				
	Canalipalpata				
	Fragmentos				
Legenda: PU = peso úmido; PS = peso seco; PSLC = peso seco livre de cinzas					

Tabela 11-6. Planilha para inserção dos dados sobre o caramujo *Littoraria angulifera*.

Littoraria angulifera							
Estação: Ano: Campanha:							
Sítio 1							
Transecto	Indivíduo	LC	AC	PT	PU	PS	PSLC
A							
Sítio 2							
Transecto	Indivíduo	LC	AC	PT	PU	PS	PSLC
B							
Sítio 3							
Transecto	Indivíduo	LC	AC	PT	PU	PS	PSLC
C							
Legenda: LC = largura da concha; AC = altura da concha; PT = peso total; PU = peso úmido; PS = peso seco; PSLC = peso seco livre de cinzas							

AUTORES

Angelo F. Bernardino – Universidade Federal do Espírito Santo – UFES
(autor para correspondência: angelo.bernardino@ufes.br)
Francisco Barros – Universidade Federal da Bahia – UFBA
José Souto R. Filho – Universidade Federal do Pernambuco – UFPE
Larisse F. Perez – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Leonir A. Colling – Universidade Federal do Rio Grande – FURG
Paulo C. Lana – Universidade Federal do Paraná – UFPR
Paulo R. Pagliosa – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Rafaela C. Maia – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE
Ronaldo A. Christofoletti – Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP
Sergio A. Netto – Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL
Tânia M. Costa – Universidade Estadual Paulista – UNESP

Referências

Angulo R.J.; Lessa G.C. 1997. "The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions". *Marine Geology*, 140: 141-166.

Bernardino, A.F.; Pagliosa, P.R.; Christofoletti, R.A.; Barros, F.; Netto, S.A.; Muniz, P.; Lana, P.C. 2015. "Benthic estuarine communities in Brazil: moving forward to long term studies to assess climate change impacts". *Brazilian Journal of Oceanography*.

Bernardino, A.F.; Netto, S.A.; Pagliosa, P.R.; Barros, F.; Christofoletti, R.A.; Rosa Filho, J.S.; Colling, A.; Lana, P.C., no prelo. "Predicting ecological changes on benthic estuarine assemblages through decadal climate trends along Brazilian Marine Ecoregions". *Estuarine Coastal and Shelf Science*.

Brey, T. *Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. Alfred Wegener Institute for polar and marine research, Germany*. Version 01.2, 2001, disponível em <http://www.thomas-brey.de/science/virtualhandbook>

Gilman, E.L.; Ellison, J.; Duke, N.C.; Field, C. 2008. "Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review". *Aquatic Botany*, 89: 237-250.

IPCC, 2007: "Summary for Policymakers". In: Climate Change 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

Marengo, J.A.; Ambrizzi, T.; Rocha, R.P.; Alves, L.M.; Cuadra, S.V.; Valverde, M.C.; Torres, R.R.; Santos, D.C.; Ferraz, S.E.T. 2010. "Future change of climate in South America in the late twenty-first century: inter comparison of scenarios from the three regional climate models". *Climate Dynamics*, 35: 1073-1097.

McGlone, D.; Vuille, M. 2012. "The associations between El Niõ-Southern Oscillation and tropical South American climate in a regional climate model". *Journal of Geophysical Research*, 117, D06105, doi:10.1029/2011JD017066.

McLusky, D.S.; Eliott, M. 2006. *The estuarine ecosystem, ecology, threats and management*. 3ª Ed. Oxford: Oxford University Press, p. 208.

Meier, M.F.; Dyurgerov, M.B.; Rick, U.K.; O'Neel, S.; Pfeffer, W.T.; Anderson, R.S.; Anderson. S.P.; Glazovsky, A.F. 2007. "Glaciers dominate eustatic sea-level rise in the 21st century". *Science*, 317: 1064.

Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Plêiade-FAPESP, p. 603.

Nicholls, R.J.; Hoozemans, F.M.J.; Marchand, M. 1999. "Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses". *Global Environmental Change*, 9: S69-S87.

Raicich, F. (2008). "A review of sea level observations and low frequency sea-level variability in South Atlantic". *Physics and Chemistry of the Earth*, 33: 239-249.

Schaeffer-Novelli, Y.; Cintrón-Molero, G.; Adaime, R. R.. 1990. "Variability of mangrove ecosystems along the Brazilian coast". *Estuaries*, 13(2): 204-218.

Thurman, C.L.; Faria, S.C.; McNamara, J. 2013. "The distribution of fiddler crabs (*Uca*) along the coast of Brazil: implications for biogeography of the western Atlantic Ocean". *Marine Biodiversity Records*, 6: 1-21.

ANEXOS — CAPÍTULO 11

Anexo 11-I – Glossário

Borda

Área localizada na divisa entre dois habitats.

Estuário

Ecossistema de interface entre continentes-oceano caracterizado pela mistura de água doce de rios e riachos com água salgada do oceano (Fairbridge, 1980; McLusky & Eliott, 2006).

Habitat

Porção de um ambiente com características estruturais visualmente diferenciadas. Por exemplo, no protocolo de Estuários, categorizados como "vegetados" ou "não-vegetados".

Região

Escala espacial mais ampla utilizada neste protocolo separando as regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil.

Setor

Divisão do estuário de acordo com sua amplitude salina média (em PSU), sendo dividida em baixo estuário (salinidade média de 20), médio estuário (salinidade média próxima a 10) e alto estuário (salinidade média abaixo de 10).

Sítio

Local de coleta (Exemplo, Praia Cabelo Gordo, Estuário da Baía de Paranaguá etc.).

Referências

Fairbridge, R. 1980. "The estuary: its definition and geodynamic cycle". In E. Olausson and I. Cato (Eds.), *Chemistry and Geochemistry of Estuaries*, 1–35. New York: John Wiley and Son.

McLusky, D.S.; Eliott, M. 2006. *The estuarine ecosystem, ecology, threats and management*. 3ª Ed. Oxford: Oxford University Press, p. 208.

ANEXO 11-II. PROTOCOLO PARA AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DE ÁREAS VEGETADAS

MANGUEZAIS

OBJETIVOS

Os métodos para estudos e acompanhamento da dinâmica de bosques já são mundialmente consolidados (Cintrón & Schaeffer-Novelli, 1984; Maia & Coutinho, 2012) e serão utilizados neste protocolo apenas para caracterizar as áreas de estudo do GT Estuários. Os acompanhamentos da dinâmica de bosques frente a efeitos de mudanças climáticas será realizado pelo GT Manguezais e Marismas (Capítulo 4).

MÉTODOS

Em cada sítio de trabalho são delineadas parcelas de 10x10 m, distribuídas aleatoriamente em um único gradiente de inundação a 10 metros de distância da margem do bosque. Em cada parcela, todas as árvores de mangue são mensuradas utilizando-se as seguintes medidas:

- Circunferência à Altura do Peito (CAP): a circunferência do fuste tomada à altura do peito do observador, mais especificamente a 1,3 m do solo. No caso dos indivíduos de *Rhizophora* que possuírem raízes escoras acima de 1,30 m, o CAP é mensurado acima da última raiz escora;
- Altura Total (AT): Compreende a distância entre a base da árvore e a extremidade da copa.

Das árvores mortas também são retidas a medida de CAP e todas as plântulas dentro das parcelas também são contadas.

Depois de concluída a etapa de campo, os dados servem de base para a estimativa dos seguintes parâmetros estruturais:

a) Diâmetro à Altura do Peito (DAP) – a partir dos valores da circunferência do fuste calcula-se o DAP para o gêneros *Rhizophora, Avicennia e Laguncularia*:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Para árvores que apresentam mais de um fuste, o DAP será estimado através da fórmula do Diâmetro Médio (DM):

$$DM = \sqrt{\frac{(g)(12732{,}39)}{n}}$$

Onde: g = somatório da área basal dos fustes
n = número de fustes

Os indivíduos registrados são subdivididos em classes de diâmetro e altura, com o objetivo de analisar o desenvolvimento das florestas estudadas. A quantidade e classe de diâmetro dos indivíduos mortos são úteis também para corroborar com a análise de desenvolvimento do bosque, bem como para averiguar o status de conservação deles.

b) Freqüência (F) – é o registro da presença de uma determinada espécie em uma dada parcela, de acordo com sua freqüência relativa (FR).

c) Densidade (De) – é o número de indivíduos por unidade de área (ind . ha-1), também representada como densidade relativa (DeR).

d) Dominância (Do) – a dominância representa o reflexo da área basal de cada espécie em uma dada parcela. A área basal (m²) para cada indivíduo é estimada através da seguinte fórmula:

$$g = 0{,}00007854 * DAP^2$$

Esse parâmetro é também representado como dominância relativa (DoR)

e) Valor de Importância – é a soma da Frequência Relativa, Densidade Relativa e Dominância Relativa.

Marismas

Para efeito de padronização, apenas bancos de *Spartina alterniflora* serão amostrados. Métodos utilizados são similares aos descritos por Lana & Guiss (1992).

Ao longo do litoral brasileiro as marismas variam de poucos metros a dezenas de quilômetros de extensão (Figura 11-II-1). Considerando que, de acordo com o protocolo GT Estuários, cada sítio deve estar afastado a uma distância de pelo menos 50 m entre si, em alguns estados do Brasil bancos diferentes serão amostrados, ao passo que em outros, a amostragem ocorrerá dentro de um mesmo banco de *S. alterniflora.* Desse modo, duas descrições iniciais são importantes: (1) se a amostragem ocorreu em um único ou mais bancos; (2) qual o tamanho aproximado do(s) banco(s) amostrado(s). Uma estimativa de tamanho dentro de cada sítio pode ser feita com uma trena simples, quando o banco for pequeno, ou com uso de um GPS se muito extenso. Não se busca aqui precisões milimétricas, mas sim uma medida aproximada de sua extensão com objetivo de comparação em grande escala (latitudinal).

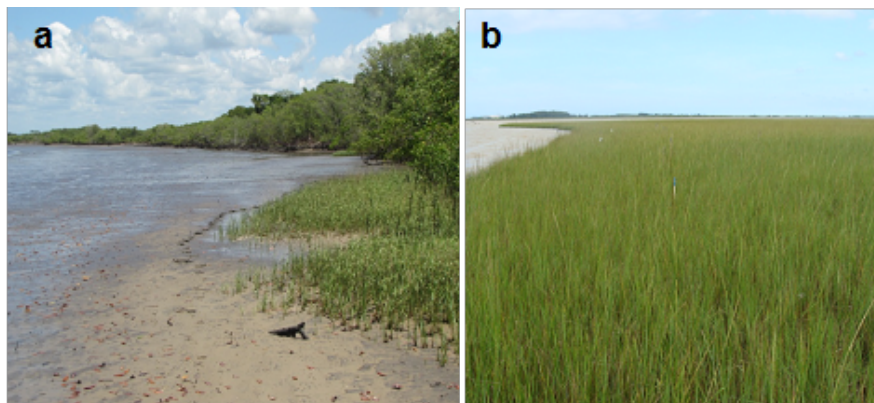



Figura 11-II-1. (a) Marismas de *Spartina alterniflora* como formações pioneiras em faixas estreitas e descontínuas em franjas de manguezais (foto de formação em Coruripe, Ba) e (b) como formações amplas e dominantes de faixas entremarés na ausência de manguezais (foto de formação em Laguna, SC).

Em cada sítio serão tomadas medidas de altura e de densidade das marismas dentro de uma área de 30 cm x 30 cm. A medida de densidade representa o número total de colmos e folhas (Figura 11-II-2) dentro da área estabelecida. Já o registro da altura é dado pela distância do sedimento à porção mais alta da planta (Figura 11-II-2). Em cada sítio serão tomados dez registros de altura de *S. alterniflora*.

Figura 11-II-2. Colmos e folhas e medida de altura (h) de marismas.

Referências

Cintrón, G.M.; Schaeffer-Novelli, Y. 1984. "Methods for studying mangrove structure". In: Snedaker, S.C., Snedaker, J.G. (eds.). The mangrove Ecosystem: research methods. *Monographs in Oceanographic Methodology*, 8: 91-113.

Lana, P. C.; Guiss, C. 1992. "Macrofauna – plant-biomass interactions in a euhaline salt marsh in Paranagua Bay (SE Brazil)". *Marine Ecology Progress Series*, 80: 54-64.

Maia, R.C.; Coutinho, R. 2012. "Structural characteristics of mangrove forests in Brazilian estuaries: a comparative study". *Revista de Biologia Marina y Oceanografia*, 47 (4): 87-98.

Anexo 11-III. Protocolo para Estimativa da Produção Secundária Macrobentônica

Objetivos

Propor um protocolo para estimar a produção secundária da comunidade bentônica ao longo da costa do Brasil.

Material e Equipamentos

- Formol 4%, peneiras de 500 µm, pinças, placa de petri, papel filtro, papel alumínio, potes de vidro com tampa, sacos plásticos, papel vegetal, pincel e lápis;
- Desumidificador, balança de precisão de 4 casas decimais, estufa e microscópio estereoscópico.

Métodos

O procedimento será realizado com todos os organismos (inteiros e pedaços), levando-se em consideração inclusive os organismos com conchas, como gastrópodes e bivalves.

- Após a coleta, fixar as amostras em formol 4% e lavar o material sobre peneira;
- Em laboratório, separar o material biológico no nível taxonômico de Classe (segundo Brusca & Brusca, 2007). Adicionalmente, separar os poliquetas em *S*colecida, Canalipalpata e Aciculata (Rouse & Pleijel, 2008); os crustáceos em Caridea, Stenopodidae, Brachyura, Anomura, Thalassinidae, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda, Amphipoda e Ostracoda e os moluscos em bivalves e gastrópodes (Brusca & Brusca, 2007).

Estimativa da Biomassa

Durante o primeiro ano, com amostragens mais detalhadas temporalmente, serão estimadas as biomassas em peso úmido, peso seco e peso seco livre de cinzas a fim de avaliar a variabilidade entre as medidas nos diferentes locais da costa e estabelecer um fator de conversão entre essas medidas.

Peso Úmido (PU)

- Identificar e pesar (P1) uma caixinha feita de papel alumínio para cada grupo animal de cada amostra (grupo/amostra). Se necessário, manter a amostra no desumidificador;
- Secar rapidamente em papel filtro cada conjunto de indivíduos do grupo/amostra, a fim de retirar o excesso de água;
- Colocar cada grupo/amostra previamente seco na sua caixinha e pesá-lo (P2).

$$PU = P2 - P1$$

Peso Seco (PS)

- Colocar cada grupo/amostra na estufa a 60°C por 48h ou até peso constante;
- Retirar cada grupo/amostra da estufa, mantendo-as no desumidificador até pesá-las (P3).

$$PS = PU - (P3 - P1)$$

Peso Seco Livre de Cinzas (PSLC)

- Colocar cada grupo/amostra na mufla a 550°C por 4h;
- Retirar cada grupo/amostra da mufla, mantendo-as no desumidificador até pesá-las (P4).

$$PSLC = PS - (P4 - P1)$$

Planilha de Dados Brutos

Organizar os dados para cada estimativa de biomassa em pastas separadas de uma planilha do Excel, com cada grupo/animal nas linhas (em ordem alfabética das Classes e táxons dentro das Classes) e cada amostra nas colunas.

Cálculo da Produção Secundária

- Baixar a planilha referente aos trabalhos de Brey (1999 e 2001) *"Empirical Model: Production, P/B, mortality, and other parameters" - Version 4-04 (May '04)* disponível em: <http://www.thomas-brey.de/science/virtualhandbook/spreadsheets/EmpRelat04.zip> Acesso em: 04 de maio de 2012;
- Todos os valores devem estar em kJ. Converter o valor multiplicando pelo fator de conversão que se encontra na pasta "*Conversion*" de acordo com o grupo analisado;
- Na pasta "*BreyModelTab*", inserir os valores médios de biomassa (Kj) e densidade (m2) nas colunas denominadas "*Biomass* kJ m^2" e "*Population* N ind m^2", respectivamente;
- Na coluna "*Body Mass*", dividir o valor de "*Biomass* kJ m^2" pelo de "*Population* N ind m^2";
- Depois, adicionar 0 ou 1 nas demais informações (como temperatura, profundidade e etc.), conforme necessário;
- Criar nova pasta para juntar os dados de cada amostra e grupo/amostra.

Referências

Brey, T., 1999. A collection of empirical relations for use in ecological modelling. NAGA *The LARM Quarterly*, 22(3): 24-28.

Brey, T. 2001. *Population dynamics in benthic invertebrates*. A virtual handbook. Version 01.2. Disponível em: <http://www.thomas-brey.de/science/virtualhandbook>.

Brusca, R.C.; Brusca, G.J. 2007. *Invertebrados*. Rio de Janeiro: Guanabara. 2º Ed.

Rouse, G.W.; Pleijel, F. 2008. *Polychaetes*. Nova Iorque: Oxford.

Anexo 11-IV. Protocolo de Análise de Conteúdo Orgânico em Sedimentos Estuarinos

Objetivo

Fornecer uma metodologia para a análise do conteúdo de matéria orgânica em amostras de sedimentos estuarinos através da calcinação em forno mufla.

Métodos

- As amostras coletadas em campo devem ser armazenadas em sacos plásticos identificados e protegidas do sol (preferencialmente refrigeradas), até serem transportadas ao laboratório onde ficarão congeladas até a realização das análises;
- Descongelar, em temperatura ambiente, as amostras de sedimento nos sacos plásticos;
- Após descongelamento, homogeneizar cada amostra e colocar o sedimento em placa de petri pré-pesada e identificada. Pesar novamente e registrar (P1 = peso amostra úmida - peso placa);
- Secar amostras em estufa a temperatura de 60°C[*(Obs1)], até alcançar peso constante[1.];
- Desagregar a amostra utilizando pistilo e almofariz[1,2], durante período de secagem[3];
- Resfriar amostra até alcançar temperatura ambiente em dessecador e pesar amostras secas (P2 = peso amostra seca – peso placa). É possível calcular o conteúdo de água pela diferença entre P1 e P2 final[1];
- Após alcançar peso constante, transferir aproximadamente 5 g de sedimento seco para cadinho limpo, pré-pesado e identificado. Registrar o peso seco da amostra antes da calcinação ($PS_{pré}$), com maior precisão possível;
- Colocar cadinho+amostra no forno mufla e aquecer a temperatura entre 500 e 550°C por 4h[1,4 **(Obs2)];
- Resfriar amostra em dessecador e pesá-la[2] no dia seguinte. Registrar o peso seco da amostra após a calcinação ($PS_{pós}$);
- Calcular o percentual de matéria orgânica (MO) perdida após calcinação utilizando-se a fórmula indicada por Heiri *et al.* (2001):

$$\%MO_{perdida} = \frac{(PS_{pré} - PS_{pós})}{PS_{pré}} * 100$$

* (Obs1) Suguio (1973) apontou que sedimentos argilosos não devem ser aquecidos em temperaturas superiores a 60°C a fim de evitar o endurecimento do material e a modificação de argilo-minerais.

** (Obs2) Brower *et al.* (1997) e Heiri *et al.* (2001) indicaram que a temperatura deve ser entre 500 e 550°C, sendo que a partir desta, outras reações além da queima da matéria orgânica podem ocorrer, prejudicando os dados. Boto & Wellington (1984), Lara-Domínguez *et al.* (2005) e Maia (2010) analisaram sedimentos coletados em manguezais utilizando a temperatura de 450°C. Tendo em vista essas informações, foi definida a temperatura de 500°C para a calcinação de amostras de sedimento de manguezais no LEB.

Referências

(números sobrescritos ao longo da descrição do procedimento)

1 – Brower, J.E.; Zar, J.H.; von Ende, C.N. 1997. *Field and laboratory methods for general ecology.* 4ª ed. WCB/McGraw-Hill Companies, p. 273.

2 – Dean, W.E. 1974. "Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: comparison with other methods". *Journal of Sedimentary Petrology*, 44(1): 242-248.

3 - Sessegolo, G.C. 1997. *Estrutura e produção de serapilheira do manguezal do Rio Baguaçu, Baía de Paranaguá–PR*. Dissertação de Mestrado. Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. p. 10.

4 – Heiri, O.; Lotter, A.F.; Lemcke, G. 2001. "Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results". *Journal of Paleolimnology,* 25: 101-110.

5 – Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo: Edgar Blücher, p. 317.

6 – Boto, K.G.; Wellington, J.T. 1984. "Soil characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest". *Estuaries*, 7(1): 61-69.

7 – Lara-Domínguez, A.L.; Day Jr, J.W.; Zapata, G.V.; Twilley, R.R.; Guillén, H.A.; Yáñez-Arancibia, A. 2005. "Structure of a unique inland mangrove forest assemblage in fossil lagoons on the Caribbean Coast of Mexico". *Wetlands Ecology and Management,* 13: 111-122.

8 - Maia, R.C. 2010. *O uso do gastrópode Melampus coffeus como indicador ecológico do estado de degradação ambiental dos manguezais do Ceará*. Tese de Doutorado. Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense, p. 222.

Capítulo 12

MONITORAMENTO DOS RECIFES E ECOSSISTEMAS CORALINOS

Zelinda M. A. N. Leão, Augusto Minervino-Neto, Beatrice P. Ferreira, Caroline V. Feitosa, Claudio L. S. Sampaio, Cristiane F. Costa-Sassi, Elizabeth G. Neves, Fúlvio A. M. Freire, George-Olavo M. Silva, Gil M. R. Strenzel, Hilda H. Sovierzoski, Jorge E. L. Oliveira, Liana F. Mendes, Marcelo O. Soares, Maria-Elisabeth Araujo, Marília D. M. Oliveira, Mauro Maida, Monica D. Correia, Ricardo S. Rosa, Roberto Sassi, Rodrigo Johnsson, Ronaldo B. Francini-Filho, Ruy K. P. Kikuchi, Tatiana S. Leite

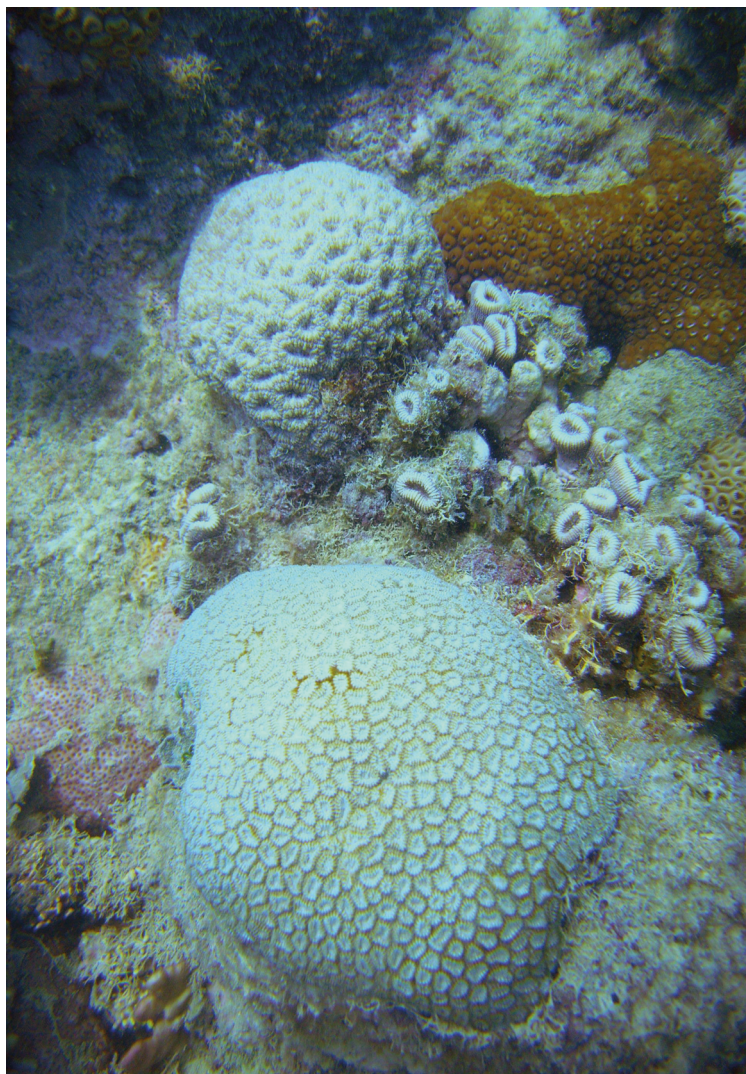



Foto: Ruy K. P. Kikuchi

Introdução

Os recifes de corais abrigam uma grande diversidade de vida, oferecendo locais de refúgio, desova, criação, alimentação e reprodução para muitas espécies, além de serem uma importante fonte de alimento e de recursos econômicos para a sobrevivência das populações costeiras (Moberg & Folke, 1999). Cal-

cula-se que cerca de 30% a 40% dos recifes no mundo já estejam severamente danificados e que dentro de trinta a quarenta anos seja possível que 60% das áreas recifais estejam totalmente degradadas em consequência da ação sinérgica da atividade humana e das mudanças climáticas globais (Wilkinson, 2002).

A temperatura da superfície do mar constitui um dos fatores mais amplamente investigados em tempo de mudanças climáticas globais e tem sido apontada como um dos mais importantes agentes ambientais que controlam o crescimento dos corais (Lough & Barnes, 2000). Isso porque, como consequência do aquecimento das águas oceânicas, os corais têm sido expostos a eventos de estresse térmico com elevada frequência e de grande intensidade (Hoegh-Guldberg, 1999; Hughes *et al.*, 2003; Donner *et al.*, 2005). Um aumento relativamente pequeno da temperatura das águas superficiais pode provocar a ocorrência do branqueamento, que é um processo relacionado à perda, pelos corais, de suas algas fotossintetizantes – as zooxantelas –, que estão presentes no tecido dos corais e que participam de uma cooperação vital que beneficia ambos os organismos, ou a perda dos pigmentos dessas algas simbiontes (Szmant & Gassmann, 1990). As zooxantelas, além de darem a cor ao coral, produzem componentes orgânicos que lhe servem de alimento e, em contrapartida, o coral provê abrigo para as algas e lhes fornece elementos químicos necessários à sua sobrevivência (Stanley Jr., 2006). Distúrbios ambientais podem interromper essa delicada simbiose, causando dissociação entre as algas e os corais. Neste caso o coral perde a sua cor, exibindo o esqueleto calcário branco, o que originou o nome branqueamento. A incidência e a severidade do fenômeno de branqueamento dos corais podem provocar mudanças na estrutura das comunidades coralinas, sobretudo na diminuição do crescimento linear e na redução da taxa de calcificação do esqueleto dos corais e, consequentemente, da manutenção e do desenvolvimento da estrutura recifal (Kleypas & Hoegh-Guldberg, 2008).

No Brasil, registros de eventos de branqueamento datam a partir do verão de 1993-1994 com ocorrências nos recifes localizados desde a costa nordeste do país e até em comunidades de corais presentes na costa do estado de São Paulo. Na costa leste já existem levantamentos sistemáticos desde o ano de 2000. Todos esses registros indicam que a ocorrência de branqueamento dos corais, no Brasil está relacionada a um aumento anormal da temperatura das águas oceânicas (Migotto, 1997; Castro & Pires, 1999; Dutra, 2000; Costa *et al.*, 2001, Costa *et al.*, 2004; Ferreira & Maida, 2006; Leão *et al.*, 2008 e 2010; Kelmo & Atrill, 2013). A avaliação dos efeitos das variações climáticas sobre a comunidade recifal do Brasil é uma das metas da ReBentos, e uma das estratégias mais utilizadas para medir esses efeitos é avaliar o branqueamento dos corais durante e após a ocorrência de eventos de anomalias térmicas das águas oceânicas.

Os ecossistemas recifais brasileiros estão localizados na costa das regiões Nordeste e Leste, formando uma importante província biogeográfica, diferenciada do Caribe devido à baixa diversidade de corais e ao elevado número de espécies endêmicas, tanto de corais como de outros invertebrados e peixes (Veron, 1995; Correia & Sovierzoski, 2013). A distribuição dos recifes ocorre desde os bancos do parcel de Manuel Luiz, no Estado do Maranhão (Amaral *et al.*, 2007 e 2008), passando a importantes áreas ao longo do litoral dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, estendendo-se até o sul da costa do estado de Alagoas, próximo à foz do rio São Francisco (Laborel, 1970; Testa, 1997; Castro & Pires, 2001; Ferreira & Maida, 2006; Santos *et al.*, 2007; Correia, 2011; Correia & Sovierzoski, 2013). Pequenas formações recifais ocorrem costa afora no estado de Sergipe (Neves *et al.*, 2005), bancos recifais isolados são encontrados no litoral norte do estado da Bahia (Nolasco & Leão, 1986; Kikuchi & Leão, 1997; Kikuchi, 2000; Kelmo & Attrill, 2001) e recifes bem desenvolvidos estendem-se ao longo de toda a costa do estado até a região de Abrolhos, onde estão os maiores e mais ricos recifes de corais de todo o oceano Atlântico Sul Ocidental (Hartt, 1870; Laborel, 1970; Hetzel & Castro, 1994; Pitombo *et al.*, 1988; Castro *et al.*, 2006; Kikuchi *et al.*, 2003; Leão *et al.*, 2003; Prates, 2006; Leão *et al.*, 2008; Francini-Filho *et al.*, 2008 e 2010). Várias formações recifais ocorrem na Zona Econômica Exclusiva (ZEE), incluindo o Atol das Rocas (Kikuchi, 1994 e 2002; Maÿal & Bezerra, 1995; Maida *et al.*, 1997; Gherardi & Bosence, 1999 e 2001; Kikuchi, 2002; Pereira *et al.*, 2010; Soares *et al.*, 2011a e 2011b), Fernando de Noronha (Maida *et al.*, 1997; Castro & Pires, 2001; Amaral *et al.*, 2009), e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Laborel, 1970; Amaral *et al.*, 2002).

A Rede Global de Monitoramento dos Recifes de Coral (*Global Coral Reef Monitoring Network* – GCRMN) adota vários protocolos, os quais têm sido aplicados, já há algum tempo, em diferentes regiões do planeta para avaliação da saúde e da dinâmica dos ecossistemas recifais. Muitos desses protocolos são compatíveis entre si, considerando que os métodos de avaliação adotados são similares. Inúmeros trabalhos foram desenvolvidos para avaliar a efetividade e a comparabilidade entre esses métodos, os quais indicam que, apesar de custos diferenciados, os dados obtidos são similares e comparáveis.

No Brasil, vários métodos têm sido utilizados para avaliar as condições dos recifes e dois deles, adotados pelos integrantes desta rede, estão ligados à Rede Global de Monitoramento dos Recifes de Coral: o Reef Check (Ferreira & Maida, 2006) e o *Atlantic and Gulf Rapid Reef Assesment* – AGRRA Version 5.4 (Lang *et al*., 2010).

Os pesquisadores componentes do Grupo de Trabalho Recifes e Ecossistemas Coralinos do INCT AmbTropic (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ambientes Marinhos Tropicais) elaboraram um Protocolo Mínimo de Campo para avaliar as condições dos recifes e ecossistemas coralinos das regiões nordeste e leste do Brasil, o qual está disponível na página do Instituto (www.inctambtropic.org). Esse protocolo inclui os pontos em comum entre todas as técnicas utilizadas no Brasil e permite, doravante, a avaliação regional padronizada dos recifes do oceano Atlântico Sul Ocidental. Ele atende os objetivos da ReBentos, de que deve ser um procedimento de fácil execução e baixo custo, apresentando recomendações de amostragem que possam ser executadas nas áreas recifais do Brasil por pesquisadores familiarizados com o ecossistema recifal e que possa captar alterações ocasionadas pelas mudanças climáticas.

O objetivo do protocolo é, portanto, a avaliação da vulnerabilidade, resistência e resiliência dos recifes e dos ecossistemas coralinos do Brasil face aos impactos antrópicos e às mudanças climáticas. Ele irá comparar as variações espaço-temporais observadas nos recifes ao longo de toda a costa tropical do Brasil. Em uma etapa inicial, foram padronizados os métodos que estavam sendo utilizados por diversos pesquisadores, para que fossem estabelecidas metas de comparação dos seus resultados face às diferentes situações e questões enfrentadas. Avaliando os efeitos das mudanças climáticas globais e dos impactos antrópicos sobre os organismos e suas interações nos ecossistemas recifais da plataforma continental e das ilhas oceânicas, pode-se determinar e entender a capacidade desses ecossistemas de suportar e de se recuperar frente a distúrbios com diferentes graus de intensidade, considerando a heterogeneidade espacial caracterizada pelas diferenças morfológicas, estruturais e composicionais dos recifes, assim como o estado da "saúde" dos sistemas protegidos e daqueles mais expostos às ameaças.

O Protocolo utilizará, como indicadores para a avaliação das condições dos recifes, os corais e os peixes recifais, podendo considerar também outros organismos recifais presentes durante o levantamento.

Métodos

Periodicidade Amostral

Pretende-se, no mínimo, realizar um levantamento anual durante ou logo após o período do verão (março, abril ou maio). Em caso de ocorrência de um evento de branqueamento forte de coral, que geralmente coincide com o período do verão, é conveniente que haja retorno aos locais amostrados após cerca de seis a oito meses para verificar se houve mortalidade das colônias branqueadas.

Definição da Área de Estudo

Para seleção das áreas a serem monitoradas, serão adotados os critérios descritos na Rede Global de Monitoramento dos Recifes de Corais (GCRMN) para descrever uma Região, uma Área ou Local, um Recife e um Sítio (Hill & Wilkinson, 2004; Kramer, 2003).

- **Região** é definida em uma escala espacial de 100 a 1000 km;
- **Área** ou **Local** é definida em uma escala espacial de 10 a 100 km;
- **Recife** será definido em uma escala espacial de 1 a 10 km;
- **Sítio** ou **Estação** é a unidade mínima e deve ser aparentemente homogênea, com dimensões espaciais de aproximadamente 200 x 200 m, podendo ser alcançada de um barco ancorado nas proximidades.

No Brasil, esses critérios de escala espacial podem, entretanto, ser alterados, expandidos ou reduzidos, de acordo com as peculiaridades e especificidades locais. Em alguns casos uma das categorias pode não ocorrer, e uma Área ou Local, por exemplo, ou até mesmo um Sítio, podem ser equivalentes a um Recife (Ferreira *et al.*, 2013). Nesses casos, todas as observações deverão ser anotadas.

Regiões de Estudo

De acordo com a definição das Unidades Amostrais, na costa tropical do Brasil, podem ser identificadas as seguintes regiões de estudo:

- Região Nordeste Ocidental: Recifes do Piauí, Ceará e Costa Norte do Rio Grande do Norte;
- Região Nordeste Oriental: Recifes da Costa Oriental do Rio Grande do Norte e Recifes da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe;
- Região Leste: Recifes da Bahia;
- Região das Ilhas Oceânicas: Recife do Atol das Rocas e o ecossistema coralino dos arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo.

Áreas a Serem Investigadas

Considerando que as Áreas ou Locais de recifes na costa do Brasil podem não estar muito bem caracterizadas ou incluídas na classificação proposta por Leão *et al.* (2003), podemos classificar apenas as seguintes Áreas:

- Área dos recifes adjacentes à linha de costa;
- Área dos recifes rasos – localizados em profundidades inferiores a 10 m;
- Áreas dos recifes profundos – localizados em profundidades superiores a 10 m.

Recifes

O Recife deve ser definido dentro de uma escala espacial de 1 a 10 km. Em muitos locais do Brasil os recifes não alcançam essas dimensões e podem ser confundidos com a unidade denominada Sítio ou Estação. Nesse caso, deve-se anotar e dar a denominação que julgar mais adequada. Em cada Recife devem ser levantados os dados de cinco Sítios que são as réplicas da amostragem do Recife investigado.

Sítios ou Estações

São as unidades básicas, nas quais deverão ser levantados os dados do monitoramento. A escolha dos sítios deve levar em consideração vários fatores:

- A localização do recife: de preferência deve-se escolher um recife onde haja facilidade de locomoção dos pesquisadores na água, assim como de ancoragem das embarcações;
- As condições do recife: entre os recifes escolhidos para serem monitorados, em boas condições ou já com sinais de degradação, o ideal é escolher a zona recifal com máximo crescimento de corais;

- A morfologia do recife: os recifes do Brasil apresentam características morfológicas bastante distintas, entretanto os sítios de um mesmo recife devem apresentar certa homogeneidade nas suas características morfológicas e estruturais. Por exemplo: nos recifes onde se pretende amostrar os topos horizontais submersos, todos os sítios desses recifes devem estar localizados nos topos horizontais submersos com profundidades mais ou menos similares; quando se pretende amostrar as paredes laterais verticais, todos os sítios devem estar em paredes com declividade similar; se só for possível amostrar os patamares ou degraus próximos à base do recife, todos os sítios devem apresentar essas mesmas características. Todas essas observações devem ser anotadas, para que posteriormente se possa comparar recifes com características similares.

Alguns exemplos para facilitar a denominação dos Recifes a serem investigados:

Exemplo 1 – Um Recife com grandes dimensões, que possibilita a localização dos cinco Sítios a serem investigados:

- Região: Leste;
- Área: Recifes Costeiros de Abrolhos;
- Recife: Pedra Grande (PG);
- Sítios: Sítio PG 1, Sítio PG 2, Sítio PG 3, Sítio PG 4, Sítio PG 5.

Exemplo 2 – Recifes com dimensões menores, que os confundem com os próprios Sítios. Nesse caso usaremos o termo Recifes no plural englobando os vários recifes que já têm nomes reconhecidos:

- Região: Leste;
- Área: Recifes rasos da Baía de Todos os Santos;
- Recife: Recifes do Interior da Baía;
- Sítios: Sítio Recife Pedra Alva, Sítio Recife Pedra Cardinal, Sítio Recife Poste 4, Sítio Recife Frades Sul, Sítio Recife Pedra do Dentão.

Exemplo 3 – Recifes com condições similares ao exemplo 2, porém numa área diferente:

- Região: Nordeste;
- Área: Recifes costeiros de Pernambuco;
- Recife: Recifes de Tamandaré (RT);
- Sítios: Sítio RT 1, Sítio RT 2, Sítio RT 3, Sítio RT 4, Sítio RT 5.

Dados para Identificação dos Sítios amostrados (Metadados)

- Código de duas letras e um algarismo para identificar cada Sítio;
- Coordenada geográfica de cada Sítio (*DATUM* WGS84);
- Sumário descrito de cada Sítio;
- Tipo de recife (banco, franja, etc.); de acordo com descrições apresentadas em Leão *et al.* (2003);
- Forma, dimensões aproximadas e profundidade (topo e fundo);
- Dados ambientais: temperatura da água no fundo, salinidade, profundidade *Secchi* e visibilidade horizontal no recife deverão ser levantados na área investigada. Tentar o uso de sensores fixos durante pelo menos um ano para avaliar variação sazonal de temperatura, salinidade e turbidez. Deve-se, também, buscar dados das variações climáticas, particularmente da tempe-

ratura da superfície do mar (TSM) usando, por exemplo, a base da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).

Tabela 12-1. Planilha para registro dos dados abióticos.

Região: ________		Área: ________		Recife: ________		Data: ________		
Sítio/ Recife	**Latitude**	**Longitude**	**Tipo de Recife**	**Dimensões**	**Temperatura da água**	**Salinidade**	**Profundidade**	**Observações**

Procedimentos de Coleta de Bentos

A metodologia proposta pode sofrer pequenas modificações devido às variações morfológicas e estruturais dos recifes a serem avaliados. Todas as modificações realizadas na metodologia básica deverão ser registradas para que possam ser realizadas comparações adequadas entre as áreas pesquisadas.

Para avaliar a fauna bentônica recifal três métodos serão utilizados: (1) o PIT (*Point Intersept Transect*) para a cobertura dos recifes, (2) o Quadrado para contagem dos recrutas de corais e (3) o BT (*Band Transect*) para obter detalhes da fauna coralínea.

1) PIT (*Point Intercept Transect* – Transecto de Pontos)

Este método será usado para avaliar o tipo de cobertura dos recifes. Ao longo da linha do transecto (uma trena graduada ou um cabo marcado – Figura 12-1), identificar a cada 10 cm os elementos que ocorrem sob a linha do transecto, como ilustrado na Figura 12-2, completando 600 pontos ao longo de 60 m de linha (3 linhas x 20 m ou 6 linhas x 10 m) ou qualquer outra combinação. Em cada sítio deverão ser levantados 600 pontos, que somados nos cinco sítios (réplicas) produzirão 3.000 pontos por recife (600 pontos X 5 sítios = 3.000 pontos). Os transectos deverão ser escolhidos aleatoriamente e não devem sobrepor um ao outro, tentando manter a distância de pelo menos 5 m de um para o outro.

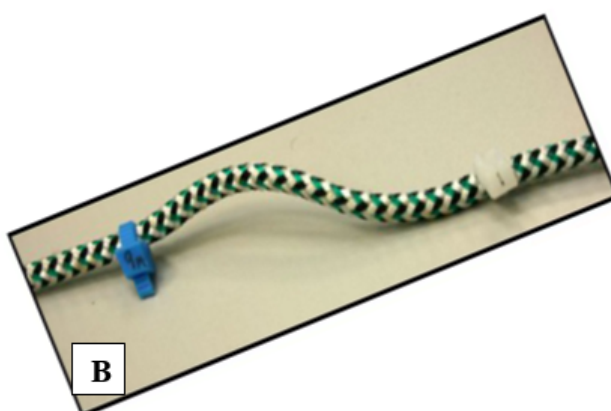
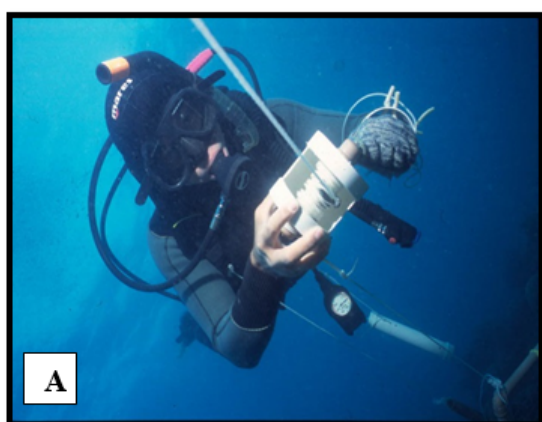



Figura 12-1. Método PIT - (A) Trena graduada que deve ser fixada sobre o recife; (B) Cabo marcado a cada 10 cm pode substituir a trena. Fonte da figura B: Lang *et al.* (2010), AGRRA Protocol versão 5.4.

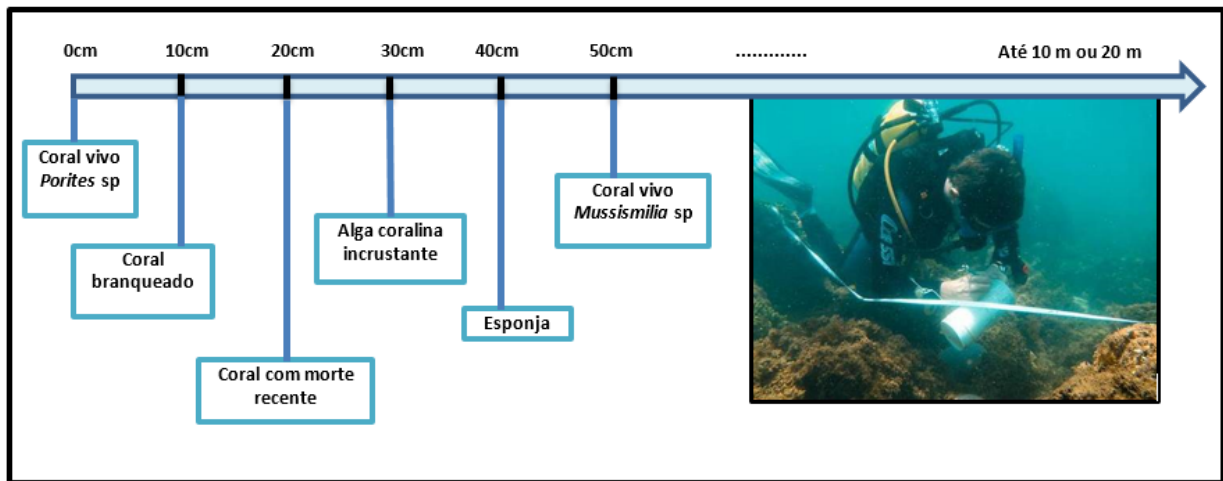



Figura 12-2. Ilustração do PIT onde devem ser coletados os dados dos pontos localizados a cada 10 cm da linha do transecto. Foto: R. Miranda.

Em cada ponto da linha do transecto anotar, no formulário de campo da Tabela 12-2, o tipo de cobertura do recife usando os códigos indicados abaixo:

- Coral vivo, anotar a espécie – CV;
- Coral branqueado, anotar a espécie – CBR;
- Coral com morte recente – CMR;
- Macroalga – MA;
- Alga filamentosa – AF;
- Alga coralina incrustante – COR;
- Cianobactéria – CNB;
- Esponja – ES ;
- *Palythoa* – PAL;
- Zoantídeos – ZOO (outros);
- Ouriço – OUR;
- Outros organismos – OUT;
- Sedimento – SED;
- Fundo rochoso – ROC.

Em apenas dois transectos por sítio, medir a altura da copa das macroalgas, usando uma régua graduada, para que se possa calcular a biomassa da alga e anotar no formulário de campo da Tabela 12-2.

Tabela 12-2. Formulário para coleta dos dados de campo: cobertura do recife, altura da copa das macroalgas e presença de recrutas. (Exemplo para transectos de 10 m)

Coletor	____________	Data	____________	Área	____________	Recife	____________
Sítio	____________	Tipo de recife	____________	Zona recifal	____________		
Latitude	____________	Longitude	____________	Profundidade	____________	Temperatura (água fundo)	____________

Transecto	0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	Quadrado	Nº recrutas
0 cm											2m	
10 cm												
20 cm											4m	
30 cm												
40 cm											6m	
50 cm												
60 cm											8m	
70 cm												
80 cm											10m	
90 cm												
COMENTÁRIO												
Transecto	**0 m**	**1 m**	**2 m**	**3 m**	**4 m**	**5 m**	**6 m**	**7 m**	**8 m**	**9 m**	**Quadrado**	**Nº recrutas**
0 cm											2m	
10 cm												
20 cm											4m	
30 cm												
40 cm											6m	
50 cm												
60 cm											8m	
70 cm												
80 cm											10m	
90 cm												
COMENTÁRIO												

Abreviaturas dos elementos investigados: CV – Coral vivo; CBR – Coral branqueado; CMR – Coral com mortalidade recente; MA – Macroalga; AF – Alga filamentosa; COR – Alga coralina incrustante; CNB – Cianobactéria; ES – Esponja; PAL – Palythoa; ZOO – Outros Zoantídeo; OUR – Ouriço; OUT – Outros organismos; SED – Sedimento; ROC – Fundo rochoso.

Esse formulário deve ser copiado em papel poliéster para uso durante o mergulho e fixado em uma base à escolha do censor, ou em uma placa de PVC retangular (Figura 12-3 A) ou em um tubo de PVC fixado no braço do mergulhador, conforme ilustrados na Figura 12-3 (B). Imediatamente após a coleta no campo, os dados deverão ser anotados em planilha de acordo com o modelo da Tabela 12-3.

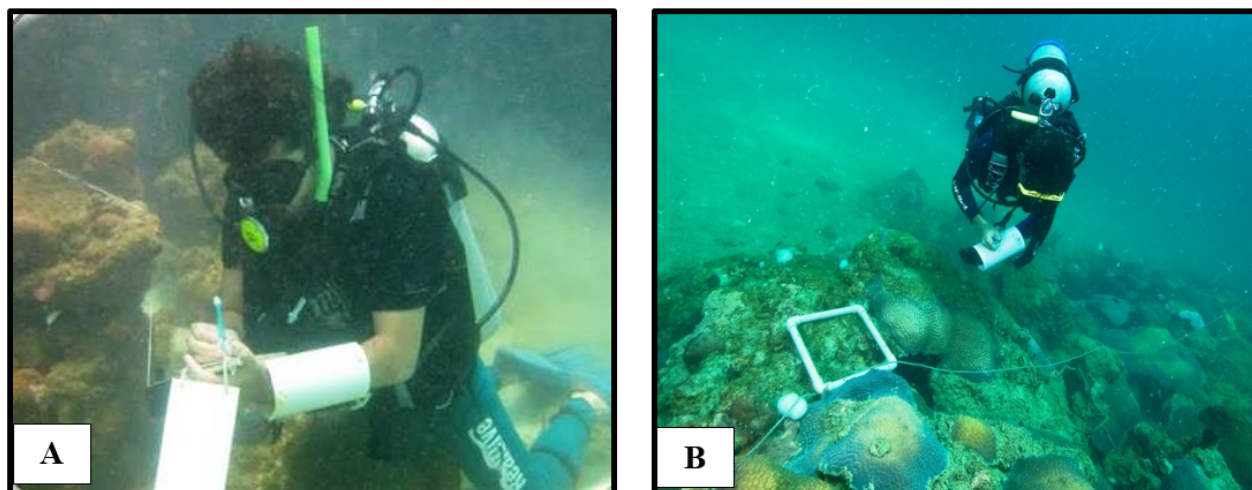



Figura 12-3. (A) Mergulhador anota dados sobre planilha fixada em placa de PVC, modelo retangular; (B) Mergulhador usando como base para fixar a planilha um tubo de PVC fixado no braço. Foto B: A. Bertoncini.

Tabela 12-3. Planilha para registro dos dados a serem obtidos através do método PIT. Registrar o número de pontos do transecto (linha) com ocorrência dos elementos indicados. O exemplo abaixo se refere a 6 transectos (linhas) de 10 m. No caso de 3 transectos (linhas) de 20 m, coloca-se apenas os # 1, 2, e 3 de cada Sítio.

Região:				Área:				Recife:				Data:			
Sítio/ Transecto	CV	CBR	CMR	CMA	MA	AF	COR	CNB	ES	PAL	ZOO	OUR	OUT	SED	ROC
A / # 1															
A / # 2															
A / # 3															
A / # 4															
A / # 5															
A / # 6															
B / # 1															
B / # 2															
B / # 3															
B / # 4															
B / # 5															
B / # 6															
C / # 1 etc.															
Abreviaturas dos elementos investigados: CV – Coral vivo; CBR – Coral branqueado; CMR – Coral com mortalidade recente; MA – Macroalga; AF – Alga filamentosa; COR – Alga coralina incrustante; CNB – Cianobactéria; ES – Esponja; PAL – Palythoa; ZOO – Outros Zoantídeo; OUR – Ouriço; OUT – Outros organismos; SED – Sedimento; ROC – Fundo rochoso.															

2) Quadrado para Avaliar a Presença de Recrutas de Corais

Para calcular a densidade dos recrutas de corais deverão ser utilizados quadrados de 25 x 25 cm, construídos com tubos de PVC (Figura 12-4). Considerar como recruta de coral colônias com diâmetro igual ou menor que 2 cm (Figura 12-5).

Lançar os quadrados ao longo dos transectos. Para os transectos de 10 m colocar os quadrados nos pontos referentes a: 2 m, 4 m, 6 m, 8 m e 10 m ao longo dos 6 transectos, completando um total de 30 quadrados por sítio (5 quadrados X 6 transectos = 30). Se optar por transectos de 20 m colocar os quadrados nos pontos referentes a: 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m, 18 m, 20 m ao longo dos três transectos, completando um total de 30 quadrados por sítio (10 quadrados X 3 transectos = 30), perfazendo um total de 150 quadrados por Recife (30 quadrados X 5 sítios (réplicas) = 150 quadrados por recife) (Figura 12-6).

Os dados coletados deverão ser anotados no espaço indicado no formulário de campo ilustrado na Tabela 12-2.

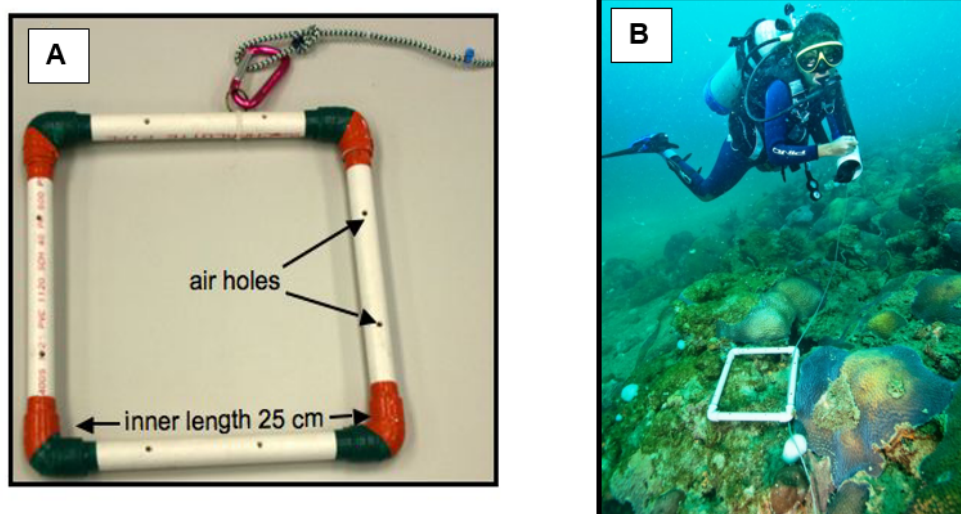



Figura 12-4 A. Quadrado de 25 cm X 25 cm construído com tubos de PVC para coleta dos dados de recrutas de coral. B – Os quadrados devem ser lançados ao longo dos transectos e os dados anotados no formulário de campo ilustrado na Tabela 12-1. Fonte da Figura A - Lang *et al.* 2010, AGRRA Protocol versão 5.4, da Figura B - A. Bertoncini.

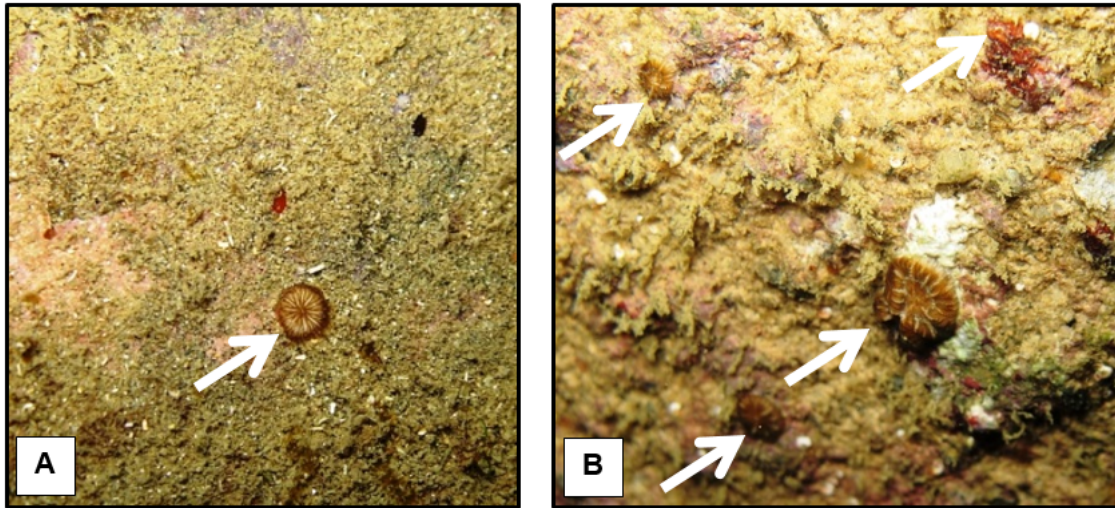



Figura 12-5. Recrutas de coral são colônias com diâmetro < 2 cm. A – Colônia com cerca de 1 cm de diâmetro. B – Colônia maior, com aproximadamente 1,5 cm de diâmetro. Fotos: I. Cruz.

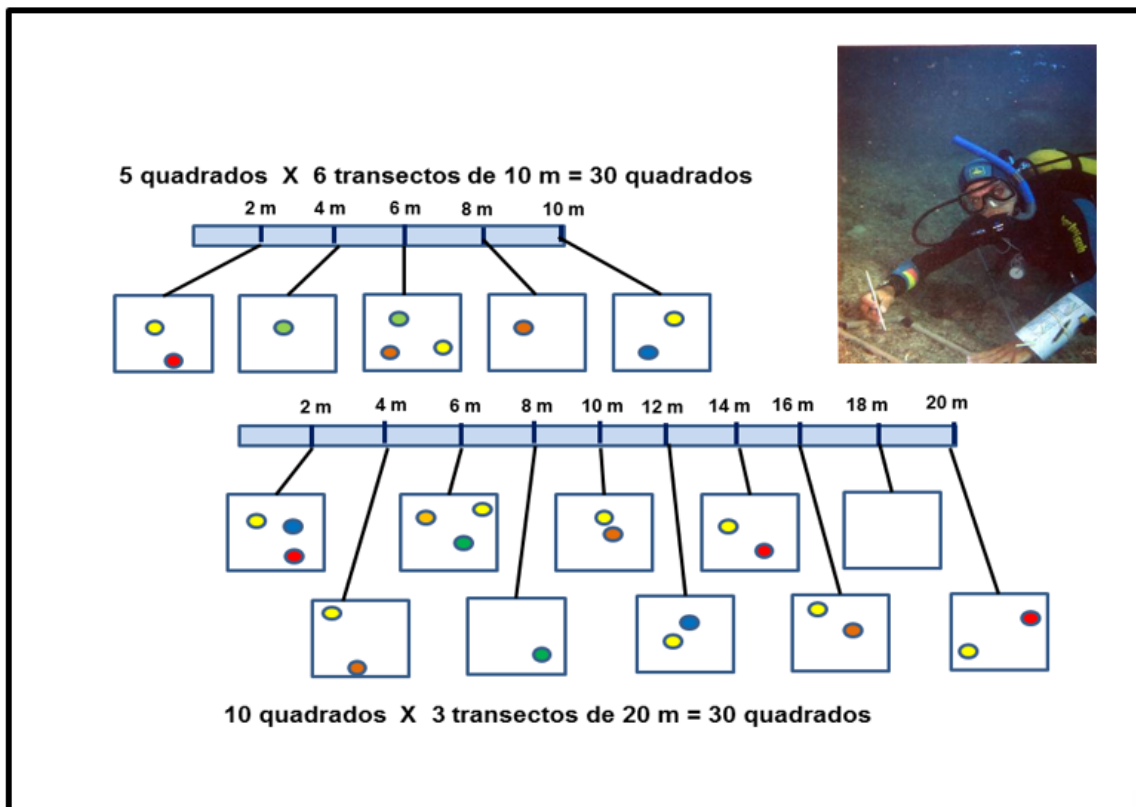



Figura 12-6. Esquema ilustrativo do uso do quadrado para avaliar a cobertura de recrutas de coral. Contar todos os recrutas dentro de cada quadrado. Para cada sítio serão contados 30 quadrados X 5 sítios (réplicas) = 150 quadrados para cada recife.

3) BT (Belt Transect – Transecto em Banda)

Este método será aplicado para obter detalhes da fauna de corais. Em apenas dois transectos de 10 m ou um transecto de 20 m, usados para avaliação da cobertura do recife, contar ao longo de uma banda de 1 m de largura todas as colônias de coral > 4 cm de diâmetro, conforme ilustrado na Figura 12-7 e coletar os dados de acordo com o formulário de campo da Tabela 12-4. Os percentuais de Branqueamento e Mortalidade devem ser estimados a partir de observação visual. Na avaliação do Branqueamento a colônia do coral deve possuir ainda tecido vivo. O Branqueamento Fraco é considerado quando a colônia está

apenas pálida (Figura 12-8 A, B, C, D) e no Branqueamento Forte a parte afetada ou a colônia inteira deverá estar completamente branca (Figura 12-8 E, F). Mortalidade Recente: os septos dos coralitos estão ainda aparentes, mas pode haver uma fina película de filamentos recobrindo o esqueleto (Figura 12-9 A, B). Mortalidade Antiga: o esqueleto do coral já se encontra recoberto por outros organismos bentônicos (Figura 12-9 C, D). Os tipos de doença detectados deverão ser identificados de acordo com Francini-Filho *et al.* (2008) e Amorim *et al.* (2012). Nesse método serão avaliados 20 m^2 por Sítio somando um total de 100 m2 por Recife (20 m de comprimento x 1 m de largura x 5 Sítios (réplicas) = 100 m2 por Recife).

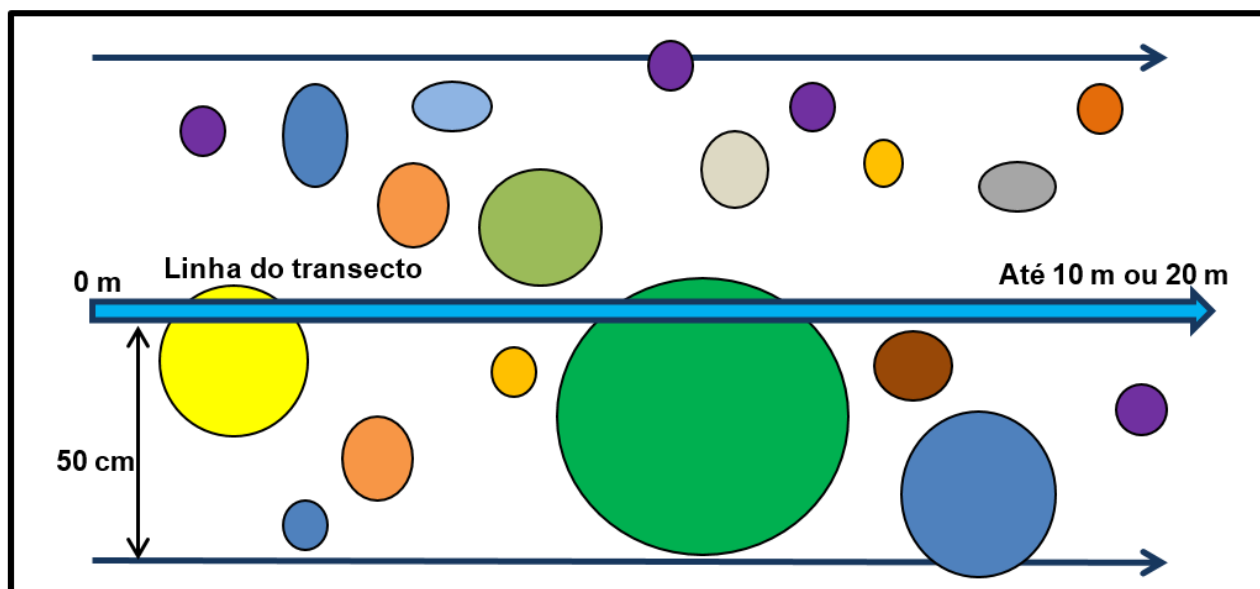



Figura 12-7. Ilustração do BT, onde se devem avaliar todas as colônias de corais > 4 cm, que ocorrem entre as duas linhas que limitam a banda de 1 m de largura. Esse procedimento deve ser realizado ao longo de apenas dois transectos de 10 m ou um transecto de 20 m avaliados para a cobertura dos recifes.

Optativo – Caso haja interesse pode-se optar por um levantamento mais abrangente, incluindo outros organismos tais como: gorgônias, anêmonas, esponjas solitárias, camarões palhaço, lagostas, polvos etc. e até mesmo lixo. Neste caso, aplicar o padrão *Reef-Check* de uma banda de 20 m por 5 m de largura ou duas bandas de 10 m por 5 m de largura.

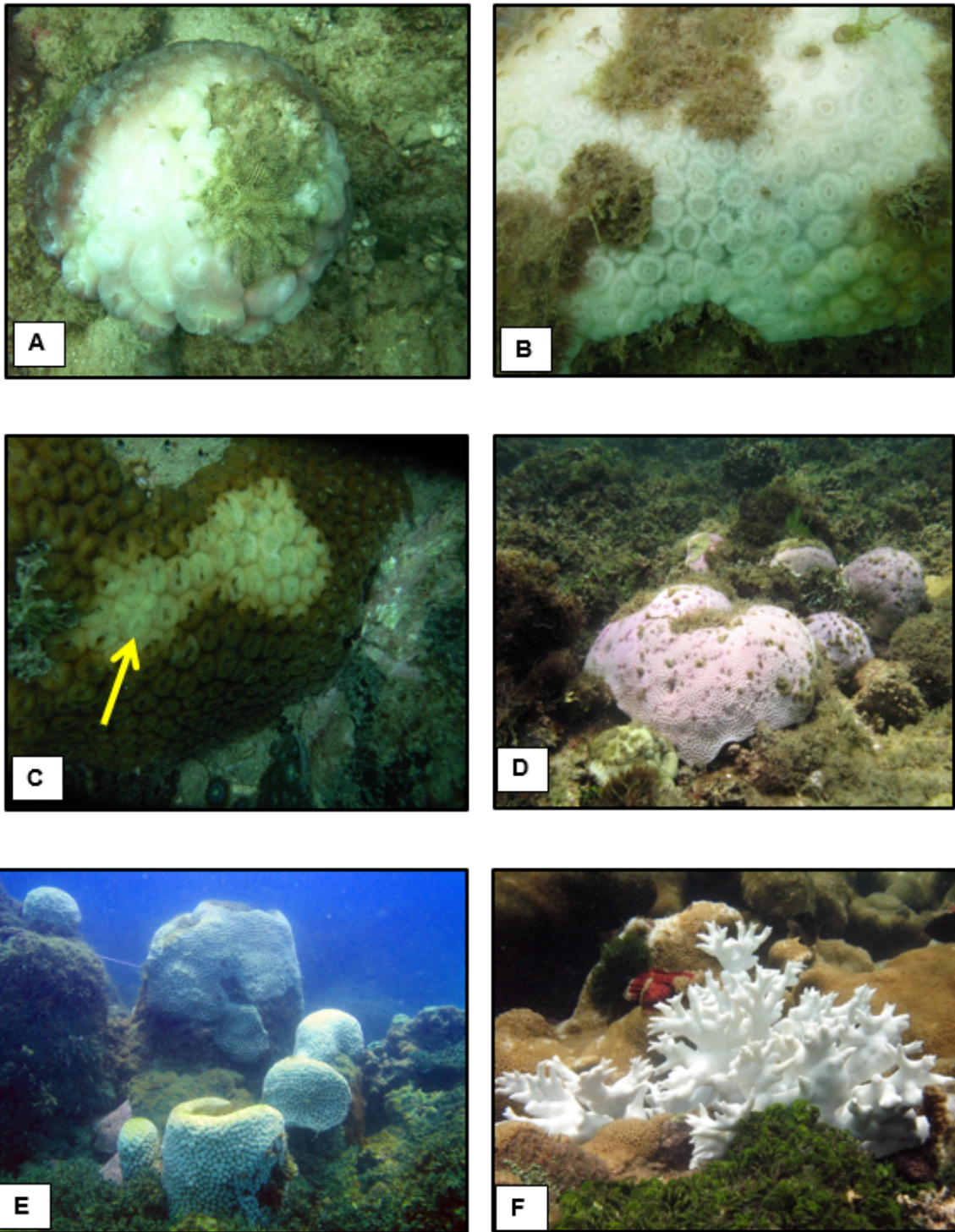



Figura 12-8. A e B – Detalhe do branqueamento onde se vê a presença do tecido vivo do coral. C – Exemplo de branqueamento fraco, onde apenas parte da colônia está pálida. D – Colônia com branqueamento fraco. E e F – Corais com branqueamento forte. Fotos: (A, B e C) I. Cruz; (D, E e F) R. Miranda.

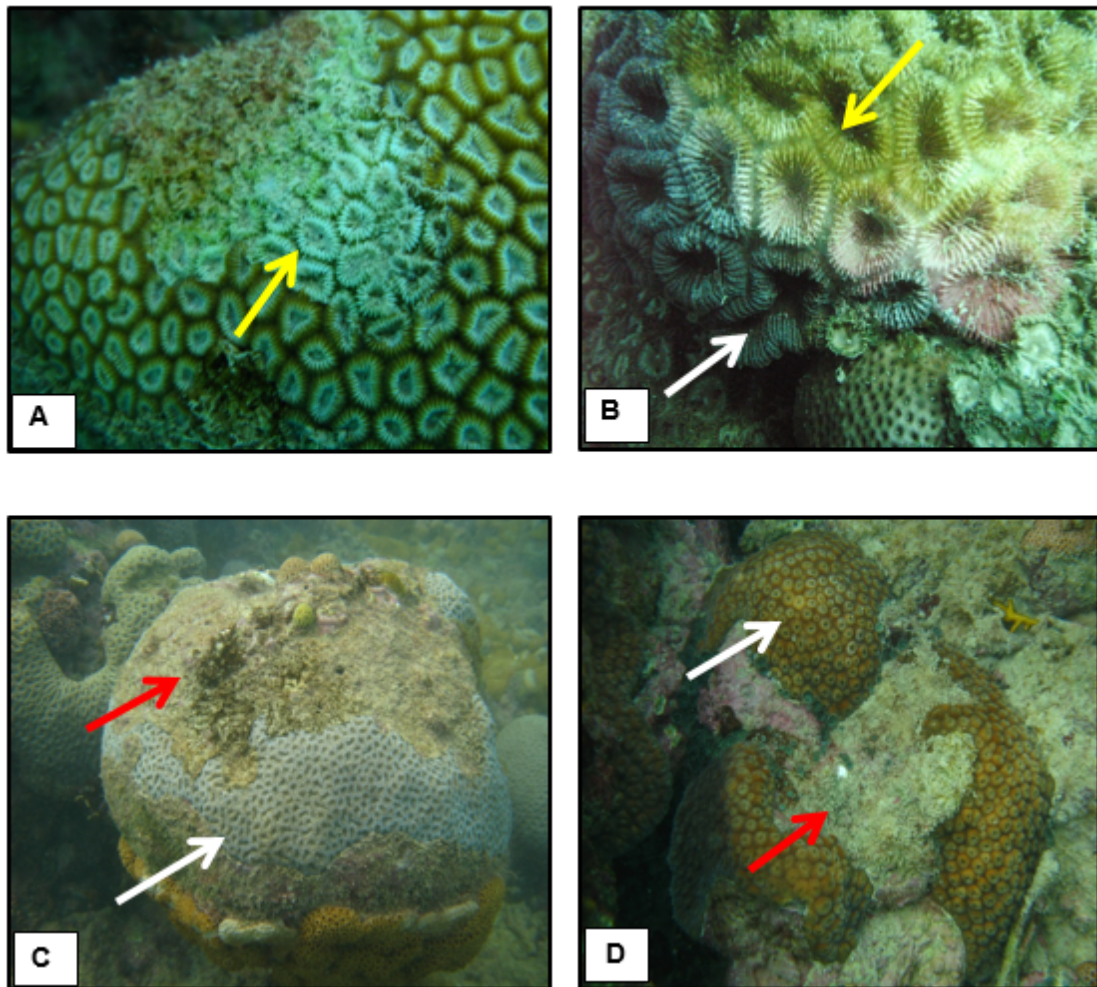



Figura 12-9. Corais apresentando mortalidade. A. Seta amarela aponta uma área do coral com mortalidade recente, onde podem ser observados os septos dos coralitos. B – Seta amarela aponta uma área com mortalidade recente onde há cobertura de algas filamentosas e a seta branca aponta parte viva do coral. C – Seta vermelha aponta área com mortalidade antiga, a área já está recoberta por outro organismo e a seta branca mostra parte ainda viva da colônia. D – Seta branca aponta partes vivas da colônia e seta vermelha área com mortalidade antiga. Fotos: I. Cruz.

Tabela 12-4. Formulário para coleta dos dados de campo: avaliação da fauna coralínea.

Coletor: ____		Data: ____		Área: ____		Recife: ____	
Colônia	Cod. da espécie*	Diâmetro máximo	Branqueamento forte (%)	Branqueamento fraco (%)	Tipo - Doença	Morte antiga (%)	Morte recente (%)
# 1							
# 2							
# 3							
# 4							
# 5							
# 6							
# 7							
# 8							
# 9							
# 10							
# 11							
# 12							
# 13							
# 14							
# 15 etc.							

* Códigos das espécies: *Agaricia agaricites* = AGA; *Agaricia fragilis* = AGF; *Astrangia braziliensis* = ASB; *Astrangia rathbuni* = ASR; *Favia gravida* = FG; *Favia leptophylla* = FL; *Madracis decactis* = MD; *Meandrina braziliensis* = MEB; *Millepora alcicornis* = MIA; *Millepora braziliensis* = MIB; *Millepora nítida* = MIN; *Millepora laboreli* = MIL; *Montastraea cavernosa* = MC; *Mussismilia braziliensis* = MB; *Mussismilia harttii* = MHA; *Mussismilia hispida* = MHI; *Phyllangia americana* = PHA; *Porites astreoides* = PA; *Porites branneri* = PB; *Scolymia welsii* = SW; *Scolymia cubensis* = SC; *Siderastrea stellata* = SS; *Siderastrea radians* = SR; *Siderastrea siderea* = SSI; *Stephanocoenia michelini* = SM; *Stylaster roseus* = STR; *Tubastraea coccinea* = TC; *Tubastraea tegusensis* = TT.

Este formulário deve ser copiado em papel poliéster para uso durante o mergulho e fixado em uma base à escolha do censor, conforme ilustrado na Figura 12-3.

Tratamento e Análise dos Dados para Bentos

Índices da Cobertura dos Recifes

Os dados levantados pelo método PIT deverão ser armazenados na planilha ilustrada na Tabela 12-5.

Tabela 12-5. Índices da cobertura dos recifes. Dados obtidos pelos métodos PIT e Quadrado.

Região: ____	Área: ____		Recife: ____		Data: ____	
Recife / Indices	A	B	C	D	E	Média ± DP
% Coral vivo						
% Branqueamento						
% Morte recente						
% Morte antiga						
% Macroalga						
% Alga filamentosa						
% Alga coralina incrustante						
% Cianobactéria						
% Esponja						
% Palythoa						
% Zooantídeo (outros)						
% Ouriço						
% Outros organismos						
% Fundo com sedimento						
% Fundo rochoso						
Densidade de coral (coral/m^2)						
Densidade de recruta (recruta/quadrado)						
Densidade de recruta (recruta/m^2)*						

* Para calcular a densidade de recrutas por m^2, dividir o resultado obtido de recruta/quadrado por 0,0625.

Índices da Comunidade Coralínea

Os dados representativos da comunidade coralínea deverão ser separados por categoria e armazenados na Tabela 12-6, para dados obtidos pelo método BT:

- Estrutura da comunidade;

- Ocorrência de branqueamento fraco;
- Ocorrência de branqueamento forte;
- Ocorrência de mortalidade recente;
- Ocorrência de mortalidade antiga;
- Ocorrência de doenças.

Tabela 12-6. Índices da fauna coralínea.

Recife (soma dos dados dos cinco sítios): ______																
*Codigo da espécie/ Diâmetro da colônia	4 – 10 cm		11 – 20 cm		21 – 30 cm		31 – 40 cm		41 – 50 cm		51 – 60 cm		> 60 cm		TOTAL	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
MB																
MHA																
MHI																
etc.																
TOTAL																

* Códigos das espécies: *Agaricia agaricites* = AGA; *Agaricia fragilis* = AGF; *Astrangia braziliensis* = ASB; *Astrangia rathbuni* = ASR; *Favia gravida* = FG; *Favia leptophylla* = FL; *Madracis decactis* = MD; *Meandrina braziliensis* = MEB; *Millepora alcicornis* = MIA; *Millepora braziliensis* = MIB; *Millepora nítida* = MIN; *Millepora laboreli* = MIL; *Montastraea cavernosa* = MC; *Mussismilia braziliensis* = MB; *Mussismilia harttii* = MHA; *Mussismilia hispida* = MHI; *Phyllangia americana* = PHA; *Porites astreoides* = PA; *Porites branneri* = PB; *Scolymia welsii* = SW; *Scolymia cubensis* = SC; *Siderastrea stellata* = SS; *Siderastrea radians* = SR; *Siderastrea siderea* = SSI; *Stephanocoenia michelini* = SM; *Stylaster roseus* = STR; *Tubastraea coccinea* = TC; *Tubastraea tegusensis* = TT

Para avaliar as diferenças entre as variáveis biológicas nas escalas espaciais e temporais devem ser aplicados testes estatísticos, amplamente utilizados, incorporando as Regiões, os Recifes, os Sítios, podendo chegar até o nível de Transectos. Entre esses testes poderão ser aplicados vários pacotes, por exemplo: para testar as diferenças entre os principais descritores, pode-se realizar uma Análise de Variância *One-Way*. A avaliação de similaridade entre regiões ou entre recifes pode ser feita através da estatística multivariada, aplicando-se técnicas de agrupamento e de ordenamento, PCA ou NMDS, por exemplo. Testes de similaridade também devem ser aplicados para avaliar a significância das dissimilaridades e, ou somente, a contribuição dos diversos descritores para a similaridade/dissimilaridade entre os recifes, entre regiões ou entre anos sucessivos. Podem ser usados pacotes estatísticos como R, SPSS, Statistica, PRIMER, entre outros. Outros testes poderão ser aplicados a depender do estudo que se pretenda realizar.

Procedimento de Coleta de Peixes Recifais

Os métodos para o censo visual de peixes serão: (1) Censo Estacionário ou (2) Censo em Banda, dependendo do local, uma vez que os dois são plenamente comparáveis (Minte-Vera *et al.*, 2008), e (3) censo através da Busca Intensiva ou Busca Ativa.

1) Censo Estacionário

Em cada Sítio serão obtidas 15 amostras através do seguinte procedimento:

- Colocar uma trena de 4 m de comprimento sobre o substrato recifal para delimitação da área de uma circunferência;
- Preencher o formulário de campo com uma lista com todas as espécies observadas na área do censo por um período de 5 minutos;

- Passado esse período, registrar a abundância de cada espécie em um giro de 360°, com o mergulhador posicionado no centro da circunferência (Figura 12-10). Peixes ≤ 10 cm de comprimento total (CT) são contabilizados em um raio de 2 m e registrados em duas categorias de tamanho: <2 cm e 2-10 cm. Peixes >10 cm de comprimento total (CT) são contabilizados em um raio de 4 m e registrados em quatro categorias de tamanho: 10-20 cm, 21-30 cm, 31-40 cm e > 40 cm (Tabela 12-12) (Francini-Filho & Moura, 2008; Minte-Vera *et al.*, 2008);
- No final serão levantados 75 censos por recife (15 censos X 5 sítios = réplicas);
- Evitar movimentos bruscos e sempre buscar novas áreas ao acaso para a realização dos censos, para que não haja a sobreposição das áreas já amostradas.

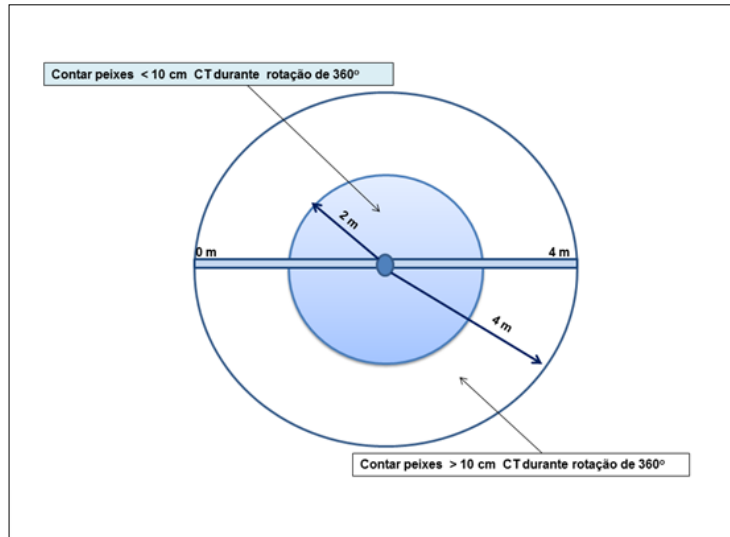



Figura 12-10. Ilustração do Censo Estacionário. Dentro do círculo de 2 m de raio, durante uma rotação de 360º, contar os peixes com comprimento total (CT) menor que 10 cm. Dentro do círculo de 4 m de raio, durante uma rotação de 360º, contar os peixes com comprimento total (CT) maior que 10 cm. Deverão ser realizados 15 censos em cada sítio.

Tabela 12-7. Formulário de campo para registro das espécies de peixes avistadas durante o censo estacionário. Para peixes < 10 cm (CT) realizar o censo em um raio de 2 m. Para peixes > 10 cm (CT) realizar o censo em um raio de 4 m. Deverão ser realizados 15 censos (amostras) por sítio.

Coletor: ________		Data: ________		Sítio: ________		Profund.: ________		
Amostra	Espécies	< 2 cm	2–10 cm	11-20 cm	21-30 cm	31-40 cm	> 40 cm	TOTAL
1	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
2	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
3	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
etc.	etc.							

Este formulário deve ser copiado em papel poliéster para uso durante o mergulho e fixado em uma base à escolha do censor, conforme ilustrado na Figura 12-3.

2) Censo em Banda (BT)

Para a realização do censo em banda (BT - Belt transect) serão realizados 10 transectos de 20 x 2 m, em cada sítio, ou seja, ao longo da linha do transecto, uma trena de 20 m, avalia-se 1 m de cada lado. Durante o tempo em que está estendendo a trena, registrar apenas os peixes maiores que 10 cm de comprimento total (CT) avistados a 1 m para cada lado do mergulhador, anotando o comprimento total (CT) para os peixes e a largura do disco (LD) para as raias. No retorno registrar apenas os peixes menores que 10 cm (Figura 12-11). Os dados coletados deverão ser registrados no formulário da Tabela 12-8.

No final serão levantados 2.000 m^2 de área por recife (banda de 20 m de comprimento x 2 m de largura x 10 transectos x 5 sítios) .

O mergulhador deverá manter natação constante, sempre sobre a linha do transecto, evitando movimentos bruscos.

Na opção pelo uso do BT sugere-se que as medidas sejam realizadas de forma pareada, *i.e.*, nas mesmas amostras realizadas durante os métodos PIT e BT do levantamento para bentos.

Tanto para o Censo Estacionário quanto para o BT, serão realizados levantamentos em cinco Sítios (cinco réplicas) para cada recife.

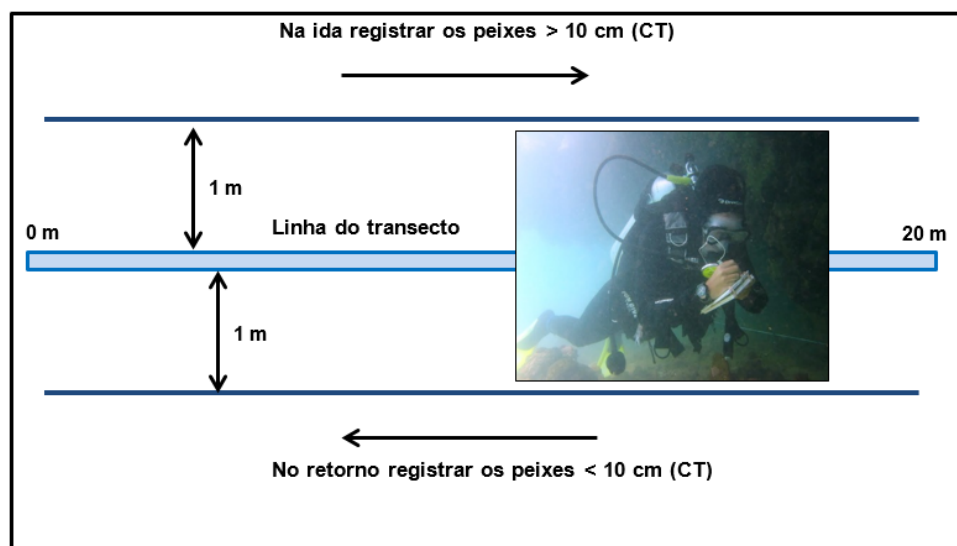



Figura 12-11. Ilustração do BT para peixes ao longo de um transecto de 20 m de comprimento por 2 m de largura. Na ida coletar os dados dos peixes maiores que 10 cm e no retorno os dados dos peixes menores que 10 cm. Serão realizados 10 transectos por sítio. Foto: C. Sampaio.

Tabela 12-8. Formulário de campo para registro das espécies de peixes durante o levantamento através do método BT. Para peixes >10 cm (CT) realizar o censo na ida, do ponto 0 m até o ponto 20 m . Para os peixes <10 cm (CT) realizar o censo no sentido do retorno, do ponto 20 m para 0 m. Deverão ser realizados 10 transectos por sítio.

Coletor: ________		Data: ________		Sítio: ________		Profund.: ________		
Transecto	Espécies	< 2 cm	2–10 cm	11-20 cm	21-30 cm	31-40 cm	> 40 cm	TOTAL
1	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
2	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
3	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
etc.	etc.							

Este formulário deve ser copiado em papel poliéster para uso durante o mergulho e fixado em uma base à escolha do censor, conforme ilustrado na Figura 12-3.

3) Busca Intensiva ou Busca Ativa

Associado aos censos visuais deverá ser empregado também o método da busca intensiva (BI) ou busca ativa (BA), que consiste em fazer registros de todas as espécies, durante 10 minutos, dando prioridade àqueles ambientes não amostrados durante os censos, como as tocas e os fundos não consolidados adjacentes aos recifes.

Para cada Sítio serão realizados 100 minutos de busca intensiva (i.e. 10 sessões de 10 minutos). Sugere-se que a busca intensiva seja realizada nos primeiros momentos do levantamento, quando será possível observar espécies mais ariscas frente aos mergulhadores, bem como aproveitar para escolher os melhores locais para a aplicação dos censos visuais. Em lugar de contar o número de indivíduos de cada espécie, usar as abreviaturas: U = Um indivíduo; P = Poucos 2 a 10 indivíduos; M = Muitos 11 a 100 indivíduos; A = Abundante > 100 indivíduos.

Os dados serão registrados no formulário de campo ilustrado na Tabela 12-9.

Tabela 12-9. Formulário de campo para registro das espécies de peixes registradas durante o levantamento através da Busca Intensiva. Deverão ser realizadas 10 sessões de 10 minutos por Sítio.

Coletor: ________			Data: ________			Sítio: ________		Profund.: ________		
Espécies / Sessões	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	Total
A											
B											
C											
D											
E											
F											
G											
H											
I											
J											
etc.											
Utilizar as abreviaturas: U = Um indivíduo; P = Poucos (2 a 10 indivíduos); M = Muitos (11 a 100 indivíduos); A = Abundante (>100 indivíduos).											

Este formulário deve ser copiado em papel poliéster para uso durante o mergulho e fixado em uma base à escolha do censor, conforme ilustrado na Figura 12-3.

Tratamento e Análise dos Dados para os Peixes Recifais

Os dados dos levantamentos de campo deverão ser armazenados nas planilhas das Tabelas 12-10, 12-11 e 12-12. Esses dados darão informações que serão utilizadas para determinação da estrutura da comunidade dos peixes recifais, a riqueza e a diversidade por família e por grupo funcional com base no tipo de dieta.

Tabela 12-10. Índices da fauna dos peixes recifais. Estrutura da comunidade. Dados obtidos através de levantamento pelos métodos do Censo Estacionário ou do Transecto em Banda (BT).

Região: ______________ Área: ______________ Data: ______________

Recife	Espécies	< 2 cm	3–10 cm	11-20 cm	21-30 cm	31-40 cm	> 40 cm	TOTAL
1	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
2	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
3	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
4	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							
5	A							
	B							
	C							
	D							
	E							
	etc.							

Tabela 12-11. Índices da fauna dos peixes recifais classificados por família e por espécies em cada recife. Dados obtidos através de levantamento pelos métodos do Censo Estacionário ou do Transecto em Banda (BT) e da Busca Intensiva (BI). Na BI utilizar as abreviaturas: U = Um indivíduo; P = Poucos 2 a 10 indivíduos; M = Muitos 11 a 100 indivíduos; A = Abundante > 100 indivíduos.

Região: ________ Área: ____________ Recife: ______________

Família	Espécies	# Indivíduos	Frequência (%)	Densidade (inds./m^2)	Busca Intensiva
1	A				
	B				
	C				
	D				
	etc.				
2	A				
	B				
	C				
	D				
	etc.				
3	A				
	B				
	C				
	D				
	etc.				
4	A				
	B				
	C				
	D				
	etc.				

Tabela 12-12. Índices da fauna dos peixes recifais classificados pelos grupos funcionais com base no tipo de dieta. Dados obtidos através de levantamento pelos métodos do Censo Estacionário ou do Transecto em Banda (BT).

Região: ________________ Área: ______________________

Recife: ________________

Grupos Funcionais (Dieta)	Espécies	Frequência (média ± DP)	Densidade (inds./m^2)
Carnívoros	A		
	B		
	C		
	D		
	etc.		
Herbívoros	A		
	B		
	C		
	D		
	etc.		
Onívoros	A		
	B		
	C		
	D		
	etc.		

À semelhança das análises estatísticas, propostas para serem aplicadas com a fauna bentônica, para a comunidade dos peixes recifais também devem ser aplicados testes estatísticos, incorporando as Regiões, os Recife e os Sítios. Os testes serão escolhidos de acordo com o estudo que se pretenda realizar. As diferenças significativas ou as similaridades entre os recifes devem ser avaliadas em escalas espacial e temporal.

AUTORES

Zelinda M. A. N. Leão – Universidade Federal da Bahia – UFBA
(autor para correspondência: zelinda@ufba.br)

Augusto Minervino-Neto – Universidade Federal da Bahia – UFBA

Beatrice P. Ferreira – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Caroline V. Feitosa – Universidade Federal do Ceará – UFCl

Claudio L. S. Sampaio – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Cristiane F. Costa-Sassi – Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Elizabeth G. Neves – Universidade Federal da Bahia – UFBA

Fúlvio A. M. Freire – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

George-Olavo M. Silva – Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Gil M. R. Strenzel – Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC

Hilda H. Sovierzoski – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Jorge E. L. Oliveira – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Liana F. Mendes – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Marcelo O. Soares – Universidade Federal do Ceará – UFC

Maria-Elisabeth Araujo – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Marília D. M. Oliveira – Universidade Federal da Bahia – UFBA

Mauro Maida – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Monica D. Correia – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Ricardo S. Rosa – Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Roberto Sassi – Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Rodrigo Johnsson – Universidade Federal da Bahia – UFBA

Ronaldo B. Francini-Filho – Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Ruy K. P. Kikuchi – Universidade Federal da Bahia – UFBA

Tatiana S. Leite – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Agradecimentos

Os pesquisadores agradecem aos seus alunos de graduação e pós-graduação que participaram dos trabalhos de campo e das discussões que culminaram com a produção deste protocolo, cuja colaboração foi de inestimável importância. Os recursos financeiros para esta fase do trabalho provieram de vários projetos, entre eles: o INCT AmbTropic (CNPq), o projeto PELD do CNPq # 558.191/2009-6 de Z.M.A.N.L, o Projeto Universal (CNPq) # 485.155/2011-7 de Z.M.A.N.L, E O PROJETO AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS ÁREAS RECIFAIS DE PIRANGI / RN / 0932-2012 (FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO A NATUREZA).

Referências

Amaral, F.D.; Broadhurst, M.K.; Cairns, S.D.; Schlenz, E. 2002. "Skeletal morphometry of Millepora occurring in Brazil, including a previously undescribed species". *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 115: 681–695.

Amaral, F.D.; Hudson, M.M.; Steiner, A.Q.; Ramos, C.A.C. 2007. "Corals and calcified hydroids of the Manuel Luiz Marine State Park (State of Maranhão, Northeast Brazil)". *Biota Neotropica*, 7: 73–81.

Amaral, F.M.D.; Steiner, A.Q.; Broadhurst, M.K.; Cairns S.D. 2008. "An overview of the shallow-water calcified hydroids from Brazil (Hydrozoa: Cnidaria), including the description of a new species". *Zootaxa*, 1930: 56–68.

Amaral, F.M.D.; Ramos, C.A.; Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, R.K.P.; Lima, K.M.; Lago, L.L.; Cordeiro, R.T.S.; Lira, S.M.A.; Vasconcelos, S.L. 2009. "Checklist and morphometry of benthic cnidarians from the Fernando de Noronha Archipelago, Brazil". *Cahiers de Biologie Marine*, 50: 277-290.

Amorim, T.P.; Costa, C.F.; Sassi, R. 2012. "Branqueamento e doenças em cnidários dos recifes costeiros do Picãozinho, Nordeste do Brasil". *Tropical Oceanography (online)* 40: 185-201.

Castro, C.B; Pires, D.O. 1999. "A bleaching event on a Brazilian coral reef". *Revista Brasileira de Oceanografia*, 47(1):87-90.

Castro, C.B.; Pires, D.O. 2001. "Brazilian coral reefs: what do we already know and what is still missing". *Bulletin of Marine Sciences* (S.I.), 69(2): 357-371.

Castro, C.B.; Amorim, L.C.; Calderon, E.N.; Segal, B. 2006. "Cobertura e recrutamento de corais recifais (Cnidarian: Scleractinia e Milleporina) nos recifes Itacolomis, Brasil". *Arquivos do Museu Nacional*, 64: 29-40.

Correia, M.D. 2011. "Scleractinia corals (Cnidária, Anthozoa) from reef ecosystems on the Alagoas coast, Brazil". *Journal of the Marine Biological Association of UK*, 9: 659-668.

Correia, M.D.; Sovierzoski, H.H. 2013. "Endemic marine invertebrates on the Brazilian reef ecosystems". *Journal of Food Science and Engineering (online)*, 3: 672-682.

Costa, C.F.; Amaral, F.D.; Sassi, R. 2001. "Branqueamento em Siderastrea stellata (Cnidaria, Scleractinia) da praia de Gaibu, Pernambuco, Brasil". *Revista Nordestina de Biologia*, 15(1): 15-22.

Costa, C.F.; Coutinho, C.S.; Sassi, R.; Brito, A.C. 2004. "Microsymbionts of Siderastrea stellata (Cnidaria, Scleractinia) in coastal reefs of Cabo Branco, State of Paraíba, Northeastern Brazil". *Tropical Oceanography*, 32(2): 173-181.

Donner, S.D.; Skirving, W.J.; Little, C.M.; Oppenheimer, H.; Hoegh-Guldbrg, O. 2005. "Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate changes". *Global Change Biology*, 11: 2251-2265.

Dutra, L.X.C. 2000. *O branqueamento de corais hermatípicos no Litoral Norte da Bahia associado ao evento El-Niño* / 98. Monografia de Bacharelado. Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia.

Ferreira, B. P.; Maida, M. 2006. *Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil. Situação Atual e Perspectiva*. Brasília: MMA, v. 1, p. 120.

Ferreira B.P.; Costa M.B.S.F.; Coxey M.S.; Gaspar A.L.B.; Veled D.; Araujo M. 2013. "The effects of sea surface temperature anomalies on ocean coral reef systems in southwestern tropical Atlantic". *Coral Reefs*, 32(2): 441-454.

Francini-Filho, R.B.; Moura, R.L. 2008. "Dynamics of fish assemblages on coral reefs subjected to different management regimes in the Abrolhos Bank, eastern Brazil". Aquatic Conservation: *Marine and Freshwater Research*, 18(1): 1166-1179.

Francini-Filho, R.B.; Moura, R.L.; Thompson, F.; Reis, R.D.; Kaufman, L.; Kikuchi, R.K.P.; Leão, Z.M.A.N. 2008. "Diseases leading to accelerated decline of reef corals in the largest South Atlantic reef complex (Abrolhos Bank, Eastern Brazil)". *Marine Polution Bulletin*, 56(5): 1008-1014.

Francini-Filho, R.B.; Ferreira, C.M.; Coni, E.O.C.; Moura, R.L.; Kaufman, L. 2010. "Foraging activity of roving herbivorous reef fish (Acanthuridae and Scaridae)in eastern Brazil. Influence or resource availability and interference composition". *Journal of the Marine Biological Association of UK*, 90: 481-492.

Gherardi, D.F.M.; Bosence, D.W.J. 1999. "Modeling of the ecological sucession of encrusting organisms in recent coralline-algal reefs from Atol das Rocas, Brazil." *Palaios*, 14(2): 145-158.

Gherardi, D.F.M.; Bosence, D.W.J. 2001. "Composition and community structure of the coralline algal reef from Atol das Rocas, Brazil". *Coral Reefs*, 19: 205-219.

Hartt, C.F. 1870. *Geology and physical geography of Brazil*. Huntington: Krieger Publishing Company, p. 620.

Hetzel, B.; Castro, C.B. 1994. *Corais do sul da Bahia*. Editora Nova Fronteira, p. 189.

Hill, J.; Wilkinson, C. 2004. *Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs: A Resource for Managers*. Version 1. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science (AIMS), p. 117.

Hoegh-Guldberg, O. 1999. "Climate change, coral bleaching and the future of the World´s coral reefs". *Marine and Freshwater Research*, 50: 839-866.

Hughes, T.P.; Baird, A.H.; Bellwood, D.R.; Card, M.; Cannolly, S.R.; Folke, C. et al. 2003. "Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs". *Science*, 301: 929-933.

Kelmo, F.; Atrill, M.J. 2001. "Cnidarian community structure of coastal reefs from northern Bahia, Brazil". *Bulletin of Marine Science*, 69: 547-557.

Kelmo, F.; Atrill, M.J. 2013. "Severe impact and subsequent recovery of a coral assemblage following the 1997-8 El Niño Event: a 17-year study from Bahia, Brazil". *PLoS One*, 8 (5): e65073.

Kikuchi, R.K.P. 1994. *Geomorfologia, estratigrafia, e sedimentologia do Atol das Rocas (Rebio/IBAMA/RN)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, p. 144.

Kikuchi, R.K.P.; Leão, Z.M.A.N. 1997. "The effects of Holocene sea level fluctuation on reef development and coral community structure, Northern Bahia, Brazil". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70: 159-171.

Kikuchi, R. K. P. 2000. *Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental norte da Bahia durante o Holoceno*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, p. 148.

Kikuchi, R.K.P. 2002. "Atol das Rocas". pp. 379-390. In: Shobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Quieroz, E.T.; Winge, M.; Berbet-Born, M. (Eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM: CPRM. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio030/sitio030.htm>.

Kikuchi, R.K.P.; Leão, Z.M.A.N.; Testa, V.; Dutra, L.X.C.; Spanó, S. 2003. "Rapid assessment of the Abrolhos reefs, Eastern Brazil (Part 1: Stony corals and algae)". *Atoll Research Bulletin*, 496: 172-187.

Kleypas, J.; Hoegh-Guldberg O. 2008. “Coral reefs and climate change: susceptibility and consequences. pp. 19-29. In: Wilkinson, C.; Souter, D. (Eds.)”. *Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005*. GCRMN, Australian Institute of Marine Science.

Kramer, P.A. 2003. “Synthesis of coral reef health indicators for the Western Atlantic: Results of the AGRRA Program (1997-2000)”. *Atoll Research Bulletin*, 496: 1-58.

Laborel, J. 1970. “Madréporaires et hidrocoralliares récifaux des cotes brésiliennes - Systematique, Écologie, Repartition verticale et Géographique”. *Résultats Scientifiques de Campagnes de la “Calypso”*, 9: 171-229.

Lang, J.C.; Marks, K.W.; Kramer, P.A.; Kramer, P.R.; Ginsburg, R.N. 2010. *AGRRA, Atlantic and Gulf rapid reef assessment*, Protocols Version 5.4. Disponível em: <http://www.agrra.org/>.

Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Testa, V. 2003. “Corals and Corals Reefs of Brazil”. pp. 9-52. In: J. Cortés (Ed.) *Latin American Coral Reefs*. Amsterdam: Elsevier.

Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, R.K.P.; Oliveira, M.D.M. 2008. “Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano”. *Biota Neotropica*, 8: 69-82.

Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, Z.M.A.N.; Oliveira, M.D.M.; Vasconcelos, V. 2010. “Status of Eastern Brazilian coral reefs in time of climate changes”. *Pan-American Journal of Aquatic Science*, 5(2): 224-235.

Lough, J.M.; Barnes, D.J. 2000. “Environmental controls on growth of the massive coral Porites”. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 245: 225-243.

Maida, M.; Ferreira, B.P.; Bellini, A. 1997. “Avaliação preliminar do recife da Baía do Sueste, Fernando de Noronha, com ênfase nos corais escleractíneos”. *Boletim Técnico Científico, CEPENE*, 3: 37-47.

Maÿal, E.M.; Bezerra, B. 1995. “Situação atual dos corais do Atol das Rocas, RN, Brasil”. *Biológica Brasílica*, 6: 77-80.

Migotto, A.E. 1997. *Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994*. Proceedings of the International Conference on Coelenterate Biology, 6. Leeuwenhorst: ICCB, pp. 329-335.

Minte-Vera, C.V.; Moura, R.L.; Francini-Filho, R.B. 2008. “Nested sampling: an improved visual-census technique for studying reef fish assemblages”. *Marine Ecology Progress Series*, 367: 283-293.

Moberg, F.; Folke, C. 1999. “Ecological goods and services of coral reef ecosystems”. *Ecological Economy*, 29(2): 215-233.

Neves, E.G.; Jonhsson, R.; Sampaio, C.L. 2005. *Note on the occurrence of Scolymia cubensis (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia) in Brazil*. II Congresso Brasileiro de Oceanografia, pp. 1-2.

Nolasco, M.C.; Leão, Z.M.A.N. 1986. The carbonate buildups along the northern coast of the state of Bahia, Brazil. pp. 159-190. In: Rabassa J. (Ed.) *Quaternary of South America and Antartic Peninsula*. Rotterdam: A.A. Balkema.

Pereira, N.S.; Manso, V.A.V.; Silva, A.M.C.; Silva, M.B. 2010. “Mapeamento geomorfológico e morfodinâmico do Atol das Rocas, Atlantico Sul”. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 10(3): 331-345.

Pitombo, F.; Ratto, C.C.; Belém, M.J.C. 1988. “Species diversity and zonation pattern of hermatypic corals at two fringing reefs of Abrolhos Archipelago, Brazil”. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*, 2: 817-820.

Prates, A.P.L. 2006. *Atlas dos Recifes de Corais nas Unidades de Conservação Brasileiras*. 2ª Edição ampliada. Brasília: MMA/SBF. 232 p.

Santos, C.L.A.; Vital, H.; Amaro, V.E.; Kikuchi, R.K.P. 2007. “Mapeamento de recifes submersos na costa do Rio Grande do Norte, NE Brasil: Macau a Maracajau”. *Revista Brasileira Geofísica*, 25(1): 27-36.

Soares, M.O.; Lemos, V.B.; Kikuchi, R.K.P. 2011a. "Aspectos biomorfológicos do Atol das Rocas, Atlântico Sul Equatorial". *Revista Brasileira Geociências* 41: 85-94.

Soares, M.O.; Meirelles, C.A.D.; Lemos, U.B. 2011b. "Reef bioconstructors of Rocas Atol, Equatorial South Atlantic". *Biotemas* (UFSC), 24: 37-46.

Stanley Jr. 2006. "Photosymbiosis and the evolution of modern coral reefs". *Science*, 312(5775): 857-858.

Szmant, A.M.; Gassmann, N.J. 1990. "The effects of prolonged bleaching on the tissue biomass and reproduction of the reef coral Montastrea annularis". *Coral Reefs* 8(4): 217-224.

Testa, V. 1997. "Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE Brazil." *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*, 1: 737-742.

Veron, J.E.N. 1995. *Corals in space and time: the biography and evolution of the Scleractinia*. Sidney: USNW Press.

Wilkinson, C. 2002. *Status of coral reefs of the World 2002*. GCRMN. Townsville, Australia: Australian Institute of Marine Science, pp. 7-44.

Capítulo 13

MONITORAMENTO DE LONGO PRAZO DE COSTÕES ROCHOSOS

Ricardo Coutinho, Maria Teresa Menezes Széchy, María Soledad López, Ronaldo Adriano Christofoletti, Flávio Berchez, Luciana Erika Yaginuma, Rosana Moreira da Rocha, Fernanda Neves Siviero, Natalia Pirani Ghilardi-Lopes, Carlos Eduardo Leite Ferreira, José Eduardo Arruda Gonçalves, Bruno Pereira Masi, Monica Dorigo Correia, Hilda Helena Sovierzoski, Luis Felipe Skinner, Ilana Rosental Zalmon

Foto: Leandro I. Coelho

Introdução

Os ecossistemas costeiros estão entre os mais vulneráveis às alterações provocadas pelas mudanças climáticas, destacando-se as regiões do mediolitoral que têm demonstrado mudanças biogeográficas mais rápidas (Barry *et al.*, 1995; Helmuth *et al.*, 2006) do que as encontradas em ambientes terrestres (Root *et al.*, 2003). Monitoramentos de longo prazo têm revelado que os limites de distribuição da biota do mediolitoral de substratos consolidados têm avançado em direção aos polos em um ritmo superior a 50 km por década (Rickets *et al.*, 1985; Southward *et al.*, 1995; Helmuth *et al.*, 2006). Esses ecossistemas são sujeitos a um mosaico de condições ambientais como temperatura, vento, umidade e radiação, que mudam repentinamente ou em poucas horas. Tais alterações podem agir como inibidores para determinados tipos de comportamento, como a liberação de larvas (Chan *et al.*, 2001) que influenciam na abundância dos organismos.

Invertebrados e macroalgas que vivem em habitats do mediolitoral podem ser particularmente vulneráveis às temperaturas flutuantes, uma vez que precisam ser adaptados às temperaturas extremas tanto do ambiente terrestre quanto do marinho (Fields *et al.*, 1993). No mediolitoral, uma gama de condições térmicas é encontrada em pequenas escalas espaciais, podendo exceder as encontradas em amplas faixas de latitudes. Por isso, considera-se que os organismos que ali vivem se encontram no limite de sua tolerância fisiológica e qualquer alteração nos parâmetros abióticos como temperatura e tempo de exposição ao ar podem levar a eventos de mortalidade e até à extinção local (Helmuth, 1999; Helmuth, 2002; Massa *et al.*, 2009) ou a eventos positivos, como a ampliação da faixa e área de distribuição. Sendo assim, são ambientes em potencial para avaliação de efeitos de mudanças climáticas (Helmuth, 2009).

A zonação é uma das características mais marcantes da região do mediolitoral de substratos consolidados. Para espécies desse ambiente, que têm seu limite de distribuição mais relacionado ao clima, é possível que o limite superior se reduza com o aumento do estresse ambiental. Como consequência, relações interespecíficas como predador-presa por exemplo, também podem ser afetadas, podendo ocorrer, inclusive, a eliminação da presa naquele ecossistema (Helmuth *et al.*, 2006). Em escalas espaciais relativamente pequenas, a temperatura corporal de invertebrados sésseis e sedentários pode ser determinada pela hora e pela duração da exposição aérea (Helmuth *et al.*, 2002) e estudos têm demonstrado que as temperaturas do ar durante a maré baixa têm maiores efeitos nos processos fisiológicos desses organismos em comparação com a temperatura da água durante a maré alta (Hofmann & Somero, 1995; Somero, 2002). Visto que a temperatura corporal de organismos como bivalves, quando expostos ao ar, varia independentemente da temperatura da água, Helmuth & Hofmann (2001) sugerem que esta última não deva ser usada como única medida de estresse térmico para o mediolitoral.

Os tipos de organismos que dominam cada faixa da região do mediolitoral são similares em todo o mundo, o que facilita a padronização das ações de monitoramento de mudanças ambientais. Apesar de ser uma área bastante estudada, por ser de fácil acesso e permitir manipulações e replicações, ainda está sendo avaliado o papel dos eventos de micro, meso e macro escalas que podem ser alterados em função de mudanças climáticas. Oscilações no tempo de exposição aérea, devido ao ciclo lunar, podem afetar a fisiologia dos organismos, como suas tolerâncias osmótica e renal (Denny & Paine, 1998). Como os efeitos das oscilações de inclinação lunar são similares aos provocados pelo aquecimento global e pela elevação do nível do mar (Siviero, 2010), longos períodos de amostragem poderiam prever as mudanças a serem esperadas. No entanto, deve-se ter cuidado nas afirmativas com relação às consequências das alterações climáticas de médio e longo prazo sobre a estrutura das comunidades, dada a escassez de grandes séries temporais de dados na costa brasileira.

Com a possível elevação das temperaturas do ar e da água do mar prevista por diversos órgãos, como o IPCC, torna-se fundamental a utilização de ferramentas que avaliem, a curto e médio prazo, como as mudanças na temperatura influenciarão a distribuição das espécies. Em costões rochosos, a utilização de sensores eletrônicos de temperatura, instalados em um gradiente vertical no mediolitoral, possibilita a medição contínua da variação de temperatura no micro-habitat, na tentativa de correlacioná-las às mudanças na estrutura da população, mais comumente de bivalves e cirrípedes, e aos dados ambientais que expliquem o comportamento termal desses organismos (Helmuth, 2002; Siviero, 2010; Lathlean *et al.*, 2011). Mortalidade causada por estresse térmico depende não apenas da frequência de eventos de alta temperatura, mas também da taxa de aquecimento e resfriamento experimentado pelos organismos (Denny *et al.* 2006) que, no caso dos sésseis ou sedentários, será determinada pelo horário das marés baixas, pelo grau de exposição às ondas e pelo clima (Harley & Helmuth, 2003; Harley, 2008; Mislan *et al.*, 2009). Portanto, tentativas para prever o efeito de mudanças da temperatura em organismos do mediolitoral requerem medições in situ (Lathlean *et al.*, 2011).

É importante ressaltar que as influências das temperaturas do ar e da água são reforçadas por condições do tempo instantâneas e por tendências climáticas de longo prazo que, com frequência, são temporalmente não lineares e/ou espacialmente heterogêneas (Mantua *et al.*, 1997; Mantua & Hare, 2002; IPCC, 2007; Kenyon & Hegerl, 2008). Em resposta, outras variáveis climáticas como vento e precipita-

ção também podem afetar de forma sinérgica os limites de distribuição das espécies como moduladores da temperatura (Helmuth, 1998; Wethey, 2002; Gilman *et al.*, 2006; Helmuth *et al.*, 2006). Adicionalmente, eventos climáticos extremos podem exercer efeitos nos limites de distribuição dos organismos (Wethey, 1985; Easterling *et al.*, 2000; Wethey *et al.*, 2001), de modo que mudanças na distribuição das espécies podem ocorrer repentinamente.

A passagem de frentes frias constitui uma perturbação meteorológica natural e imprevisível, cujos ventos associados geram ondas de alta energia que podem causar perturbações nas comunidades bênticas e desempenham um importante papel na estruturação das comunidades locais. Esses eventos extremos podem surgir como reflexo de mudanças climáticas, atuando na estrutura e no funcionamento de comunidades bênticas do mediolitoral. Em costões rochosos, a influência de ondas, ressacas e tempestades tem sido abordada considerando-se mudanças na composição específica da comunidade, em sua riqueza e diversidade, na intensidade das interações como competição e predação, ou ainda, na ampliação da zona ocupada pelos organismos e suas respectivas faixas. Tais alterações refletem-se na dinâmica das "manchas" dos organismos (veja revisão em Coutinho & Zalmon, 2009). Trabalhos que buscam entender efeitos de perturbações climáticas, como tempestades e sistemas frontais, sobre associações bênticas em escalas temporais e regionais em áreas litorâneas têm sido estudados em nível mundial (Posey *et al.*, 1996; Underwood, 1999; Williams & Rose, 2001; Hepner & Davis, 2004; Scheffer, 2004; Houser & Greenwood, 2007). No entanto, na costa brasileira, esses estudos são escassos (Sola & Paiva, 2001; Galluci & Netto, 2004; Brauko, 2008; Alves & Pezzuto, 2009), principalmente no mediolitoral.

Em síntese, mudanças globais incluem alterações complexas, mas que têm como indicadores diretos, alterações na temperatura do ar e do oceano, na disponibilidade de oxigênio, na salinidade e no pH, todas essas variáveis abióticas exercem grande influência na biologia de todos os táxons. Estresses fisiológicos resultantes de mudanças nessas variáveis bem como de eventos extremos como frentes frias ou ressacas, podem causar amplas mudanças biogeográficas, assim como na distribuição em mosaico nos habitats (Somero, 2012).

Dentro desse contexto, o protocolo aqui proposto visa estabelecer, como orientação geral do Grupo de Trabalho "Costões Rochosos", hipóteses e metodologias básicas a serem adotadas dentro dos objetivos da ReBentos. Isso significa gerar e disseminar conhecimentos para que se possa, em âmbito nacional, responder aos desafios representados pelos efeitos das mudanças climáticas globais e suas implicações nas comunidades bentônicas do mediolitoral.

Hipóteses

As hipóteses descritas a seguir são sugestões que podem ser testadas utilizando-se o protocolo apresentado posteriormente. A escolha das hipóteses dependerá da infraestrutura, dos recursos disponíveis, do conhecimento prévio dos pesquisadores e do interesse de cada grupo de pesquisa.

H1: As mudanças do hidrodinamismo e variações do nível médio do mar induzirão mudanças no padrão de zonação (por exemplo, alteração das posições de colonização dos organismos em relação às atuais, ou ampliação, ou então redução das faixas de dominância de organismos).

> Essa hipótese será testada por meio da avaliação da largura das faixas de dominância das espécies e da distância em relação ao ponto fixo no costão, como será indicado na metodologia de aplicação do protocolo.

H2: Alterações na frequência e intensidade de ressacas promoverão distúrbios físicos mais frequentes nos ecossistemas bentônicos e provocarão o arrancamento e/ou fragmentação de organismos, principalmente no mediolitoral, induzindo a alterações na composição e abundância de espécies.

> Essa hipótese será testada por meio de mudanças na porcentagem de cobertura das espécies presentes, pela mudança na composição específica para espécies mais tolerantes a distúrbios físicos e também pela disponibilidade de espaços vazios no substrato.

H3: Alterações no regime pluviométrico modificarão o aporte de água doce e sedimentos ao mar e a taxa de evaporação, que por sua vez alterarão variáveis como salinidade e transparência da água do mar, criando condições desfavoráveis às espécies estenobiontes, induzindo mudanças na composição e abundância de espécies.

H4: Alterações na temperatura e na acidificação da água do mar alterarão o metabolismo de organismos sésseis, especialmente os perenes, interferindo no crescimento, reprodução e taxa de sobrevivência, e induzindo mudanças na composição e abundância de espécies.

Tendo em mente que o objetivo é estabelecer um protocolo que possa indicar tendências de mudanças nos ambientes bentônicos em relação às mudanças climáticas e que, ao mesmo tempo, seja de baixo custo e prático, optou-se por escolher a variação da temperatura do ar e do mar como a principal variável ambiental mensurável que irá influenciar os organismos dos ambientes de costões rochosos. No entanto, outros dados oceanográficos e meteorológicos podem ser utilizados no estabelecimento de mudanças climáticas e seus efeitos sobre as comunidades de costões rochosos.

A escolha da temperatura é justificada pela possibilidade do uso dos i-buttons (pequenos sensores de temperatura) por diversos grupos de pesquisa, estabelecendo assim uma rede de monitoramento da temperatura ao longo da costa brasileira. Todavia, caso haja condições, estudos mais aprofundados ou que levem em consideração outras variáveis ambientais citadas nas hipóteses acima são encorajados, desde que atendam às recomendações mínimas aqui propostas. Um exemplo seria estudos experimentais sobre a fisiologia de certas espécies-chave, o que poderia auxiliar no entendimento de como as mudanças climáticas afetam os organismos e, por consequência, o ambiente bentônico.

Métodos

Definição da Área de Estudo

O protocolo a seguir poderá ser adaptado dependendo das condições e da importância de diferentes localidades em cada região. Zonas do mediolitoral com faixa menor do que o padrão estabelecido neste protocolo também poderão ser analisadas, dependendo da importância do local e dos recursos humanos e financeiros disponíveis.

Apesar deste protocolo ter sido elaborado para os ecossistemas de costões rochosos, preferencialmente escarpados e sem irregularidades, estudos em outros ambientes, tais como quebra-mares formados por matacões e outros substratos naturais como recifes de arenito e artificias (píeres, muros, etc.), podem se utilizar deste documento para a padronização metodológica.

Para o monitoramento da zona mediolitoral, sugere-se dividi-la em 3 faixas: superior, média e inferior, em função da distribuição dos organismos dominantes. No entanto, em locais com mais de 3 faixas de dominância característica, esse número poderá ser aumentado.

Escolha do Local de Monitoramento

As metodologias dos diferentes tipos de substrato consolidados serão adaptadas às condições de cada local. As sugestões de uniformização básicas são:

- Ambientes protegidos ou moderadamente protegidos (Murray *et al.*, 2006);
- Locais voltados para o N-NE que recebam incidência de luz (maior desenvolvimento de comunidades de algas);
- Inclinação intermediária (45 a 65º);
- Distantes de saídas permanentes de água doce;
- Evitar fendas, poças, locais sombreados etc.

- Priorizar locais próximos de estações:

meteorológicas (http://www.inmet.gov.br/html/rede_obs.php);

maregráficas (http://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/indice.html);

oceanográficas (http://www.goosbrasil.org/pnboia/dados/);

Frequência de Amostragem

Sugere-se que os locais sejam amostrados no mínimo em 2 períodos anuais, preferencialmente nos meses de março e setembro (final do verão e do inverno).

Dependendo da disponibilidade de pessoal e financeira de cada grupo de pesquisa, recomenda-se:

- Replicação em cada período (n=3), entre final de fevereiro e começo de abril e entre final de agosto e começo de outubro;
- Amostragem associada aos eventos extremos (ressacas, frentes frias, enchentes etc.) quando possível para comparação de dados antes (1 semana), durante (se possível) e após o evento extremo (até 1 semana após o evento). Essas frentes frias deverão ser observadas, sempre que possível, pela previsão meteorológica.

Determinação da Área de Amostragem

Uma vez selecionada a localidade onde o monitoramento será realizado, passa-se à determinação do costão, ou outro substrato natural ou artificial equivalente, onde os dados biológicos e ambientais serão obtidos.

Sugerimos a determinação de um domínio amostral (largura do costão/distância entre pilares, por exemplo) com cerca de 30 a 40 m para a coleta dos dados biológicos a fim de melhor espaçar as transecções. Isso objetiva, ainda que parcialmente, refletir a variabilidade espacial dos organismos na localidade escolhida para o monitoramento.

Após a determinação do domínio amostral, são escolhidos aleatoriamente cinco transecções verticais. Essas transecções somente serão aleatórias neste momento inicial, passando a serem fixas a partir do segundo período de coleta. Por esse motivo, é fundamental que o grupo que realiza o estudo faça marcações permanentes no substrato (com adesivo epóxi ou colocação de pinos, por exemplo), tornando possível a repetição do monitoramento nos mesmos locais. Decidiu-se utilizar as amostragens fixas para reduzir a variabilidade entres as amostras que pudessem confundir a variação espacial com mudanças temporais. A sugestão de marcação inicial da transecção é que ela seja feita na parte superior do substrato, de forma que a partir desse ponto outras medidas possam ser efetuadas como será explicado mais adiante.

Com a fixação das transecções, pode-se então iniciar a delimitação das faixas de zonação, o posicionamento das unidades amostrais (*quadrats*), e a fixação dos sensores de temperatura (*i-button* ou similar) como exemplificado na Figura 13-1.

Nos locais onde não seja possível estabelecer transecções contínuas, como por exemplo, em substratos artificiais como quebra-mares, a indicação é que as transecções sejam dispostas de modo complementar. Por exemplo, uma parte da transecção se estenderá por uma extensão de 1 m e, se o substrato exibir descontinuidade, continuará no ponto mais próximo possível.

Medição das Faixas de Dominância e Posicionamento das Unidades (*quadrats*)

Após a fixação das transecções, é estendida uma trena perpendicularmente ao costão (transecção vertical) desde o ponto fixo superior até o limite inferior do substrato de forma a orientar a determinação e a medição das faixas de organismos e também o posicionamento dos *quadrats* (Figura 13-1). Foi estabelecida uma área de 100 cm^2 (quadrados de 10 x 10 cm) para os elementos amostrais na faixa superior, geralmente colonizada pelo cirrípede *Chthamalus* sp. Para as demais faixas, foi estabelecida uma área de 400 cm^2 (quadrados de 20 x 20 cm).

Serão delimitadas tantas faixas quanto forem necessárias, desde o limite superior do mediolitoral até o limite inferior dele, de modo a caracterizar a dominância específica ao longo da transecção vertical. Cada faixa será nomeada pela dominância específica ou codominância a partir do limite superior. As faixas serão então medidas em função de sua largura, determinada pelas distâncias estabelecidas entre o limite superior e inferior da faixa em relação ao ponto fixo superior. O que estabelece a posição de medição da largura da faixa é a presença de indivíduos vivos da espécie dominante.

Os *quadrats* são posicionados ao longo da transecção, de preferência no limite superior de distribuição do organismo dominante. Quando a faixa do organismo dominante for extensa, poderão ainda ser posicionados outros dois *quadrats*, um no centro e outro no limite inferior da faixa. Após esse primeiro momento, os *quadrats* passam a ser fixos, isto é, serão monitorados sempre os mesmos quadrados, sendo necessário por isso que se façam marcações permanentes no substrato, na parte externa de cada canto do quadrado, usando os materiais descritos anteriormente.

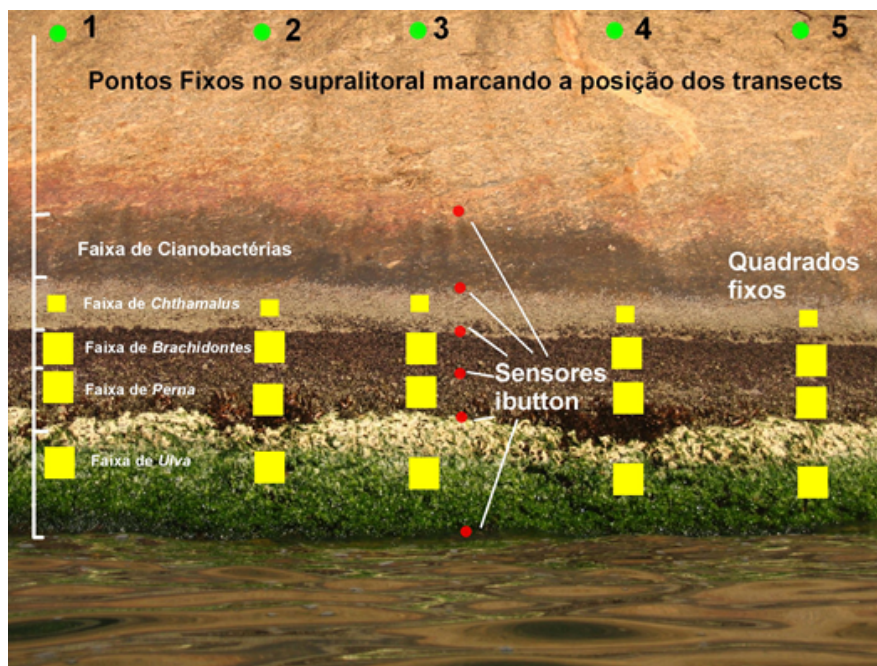



Figura 13-1. Exemplo de um costão rochoso apresentando as faixas de dominância das espécies, o posicionamento das transecções, dos quadrats, dos sensores de temperatura (i-button) e dos pontos fixos (1 – 5) para a medição das faixas. Foto: L.F. Skinner (Costão da Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ).

Estimativa da Porcentagem de Cobertura dos Organismos

Deve-se construir molduras (*quadrats*) com áreas internas de 10 x 10 cm ou 20 x 20 cm (dependendo da faixa, vide acima), que serão colocadas sobre as áreas permanentes marcadas para serem fotografadas a cada visita, utilizando-se máquina fotográfica digital em resolução máxima (mínimo de 3 megapixels, resolução mínima de 300 pontos por polegada – dpi). É altamente recomendável que sejam utilizados tripés ou qualquer outro equipamento auxiliar (molduras fixas às máquinas fotográficas) que

assegure que as fotografias sejam sempre tomadas no mesmo ângulo e distância a fim de minimizar as fontes de variação que não se devem às mudanças naturais das espécies ou aquelas causadas como respostas às variáveis monitoradas e hipóteses desse protocolo. É recomendável que sejam feitas duas ou três fotos de cada *quadrat*, para garantir que a melhor foto em foco e posição seja armazenada. É importante também incluir na fotografia a escala e indicação de posicionamento na transecção (pode ser foto tirada ao lado da transecção). Caso seja necessário dividir a foto em imagens menores, sempre tire uma foto de todo o *quadrats* antes e, depois, fotos menores, sinalizando isso na planilha para facilitar a análise posterior (a indicação de quantas fotos foram feitas de cada quadrado e os detalhes da foto no arquivo digital, como hora em que foi tirada, é de grande ajuda para esta tarefa).

A unidade operacional do monitoramento são as espécies. Isso significa que sua exata identificação é etapa fundamental do programa de monitoramento. Tendo em vista que a cobertura das espécies será obtida por meio de fotografia digital, que impossibilita o acesso ao material biológico para identificação e registro, amostras das espécies dominantes deverão ser tomadas inicialmente para a identificação delas, e essa coleta deve ser realizada sempre que se fizer necessário, por observação de mudança na composição. Recomenda-se o depósito dos espécimes de registro em coleções científicas ou coleções dos grupos de pesquisa, devidamente identificadas. No caso de tapetes de algas, nos quais as várias espécies ocorrem emaranhadas e, portanto, torna-se impossível individualizá-las, será utilizada, como unidade operacional, a presença do tapete em si, designado por seus gêneros mais comuns ou, quando possível, espécies. Exemplo de nome da unidade operacional: Tapete de *Jania adhaerens* e *Amphiroa beauvoisii* ou Tapete de *Jania* spp., quando houver mais de uma espécie do mesmo gênero. Em casos ainda mais complexos, nos quais os tapetes sejam formados por muitas espécies ocorrendo misturadas, de forma que seja impossível definir facilmente quais os táxons dominantes, esses serão classificados simplesmente como Tapete de Calcárias Articuladas, Tapete de Algas Filamentosas e Tapetes de Algas Cilíndricas, ou misturas dessas categorias. Exemplo de nome da unidade operacional: Tapete de Algas Filamentosas e Cilíndricas. É sugerido que amostras do material biológico sejam feitas em áreas adjacentes ao quadrado fotografado e imediatamente anestesiadas (quando necessário), fixadas e guardadas para futura identificação.

Deverá ser considerada também, como atributo da comunidade, a avaliação do espaço vazio, ou seja, aquele não ocupado por macro-organismos.

A abundância das espécies incrustantes será estimada por meio da porcentagem de cobertura de cada *quadrat*, utilizando-se a técnica de intersecção de pontos, sendo recomendado o uso do programa CPCe (http://www.nova.edu/ocean/cpce/) (Kohler & Gill, 2006) ou do programa Photoquad (disponível em: http://www.mar.aegean.gr/sonarlab/photoquad/download/dl.php) (Trygonis & Sini, 2012). O Photoquad tem oferecido menores problemas de estabilidade de uso e de dados em relação ao CPCe. No entanto, outros programas podem ser utilizados em função do domínio do grupo sobre esses ou em função de desenvolvimento de novos programas. Serão utilizados 50 pontos distribuídos em grade fixa sobre a área interna dos quadrats (intersecções geradas pela sobreposição de 5 x 10 linhas sobre a foto) na imagem digital, procurando-se evitar as margens da mesma.

Variáveis Ambientais a Serem Medidas *In Situ* e/ou Obtidas em Outras Fontes

In Situ

- Temperatura obtida por meio dos sensores *i-button*;
- Características topográficas do costão: inclinação global e inclinação de cada faixa; tipo de matriz rochosa (relacionada à rugosidade); orientação do costão em relação ao norte geográfico (influência da luminosidade e aquecimento), orientação em relação aos ventos predominantes (informações de intensidade e evaporação ou atenuação térmica), orientação em relação à ondulação (batimento e dimensão das faixas). Ver planilha de Campo (Anexo 1 deste protocolo).

Bases de Dados de Informações Ambientais (sugestões):

- Temperatura do ar (estações meteorológicas – http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/mapaEstacoes);
- Temperatura da água do mar (imagens de satélite – http://www.inmet.gov.br/satelites/?area=1&produto=TSM_D&ct=0);
- Pluviosidade e dados de ventos (estações meteorológicas);
- Grau de exposição às ondas: altura, direção e periodicidade de ondas (Murray *et al.*, 2006) (sugestão: dados do CPTEC - http://ondas.cptec.inpe.br/); utilizar a navegação "Previsão para as Cidades Litorâneas" e salvar e/ou imprimir a janela com a previsão para 5 dias). Comparar as medidas remotas às medidas locais na medida do possível (período e direção de ondas);
- Irradiância (estações meteorológicas).

Sugere-se parceria com grupos de meteorologistas, oceanógrafos físicos ou outros profissionais de áreas correlatas para que as variáveis ambientais sejam trabalhadas em conjunto.

Os sensores de temperatura serão colocados em triplicata no limite superior de cada faixa do mediolitoral (Figura 13-1), sendo 9 o número mínimo sugerido (3 alturas x 3 réplicas). Contudo, na medida do possível, os sensores de temperatura devem ser colocados em todas as transições de faixas de zonação no mediolitoral (Figura 13-1). Os sensores devem ser substituídos a cada 3 meses. Sugere-se programar os sensores para obtenção de dados a cada 2 h, pois os sensores têm capacidade de armazenamento de aproximadamente 2000 registros. Esse intervalo permite que, em caso de necessidade de atraso na coleta, os dados continuem a ser obtidos.

Para medida da inclinação, sugere-se o uso de um inclinômetro (Figura 13-2), que pode ser adquirido ou construído. São necessárias duas hastes articuladas, de modo que uma delas seja mantida em posição horizontal (com auxílio de um nível) e a outra acompanhe a inclinação do costão. O ângulo entre elas será o ângulo de inclinação do costão e pode ser medido com um transferidor.

Figura 13-2. Detalhe de um inclinômetro medindo a inclinação de um costão. Foto: R.M. da Rocha

Para medida da rugosidade sugere-se utilizar uma trena de 20-30 m que será estendida ao longo da transecção, desde o ponto mais superior da faixa dos cirrípedes até a linha da água, no momento da maré mais baixa. Serão anotadas duas medidas: (1) com a trena totalmente esticada e paralela ao perfil do costão (medida projetada - MP); (2) com a trena acompanhando todas a irregularidades, poças, dobras, pedras, etc. (medida contorno - MC). A medida de rugosidade (R) será a relação:

$$R = \frac{MC - MP}{MP}$$

Recomendações ao Trabalho de Campo

As previsões de maré podem ser obtidas em http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/. Para um melhor aproveitamento do horário em campo, deve-se procurar iniciar os trabalhos aproximadamente duas horas antes do horário previsto na tábua das marés.

Como se trata de um ambiente muito úmido, tanto pelo batimento de ondas como pela possibilidade de chuvas, aconselha-se o uso de planilhas previamente riscadas com lápis em PVC branco lixado e preenchimento dos dados com lápis ou lapiseira. As planilhas em PVC podem ser lavadas com sabão de coco ou sapólio e reutilizadas. Existem também papéis especiais para escrita em ambiente úmido, bem como canetas especiais, mas esses não estão disponíveis no mercado interno (sugestão: *Rite in the Rain, All-Weather Writing Paper*, que podem ser adquiridos diretamente com o produtor – http://www.riteintherain.com ou http://www.amazon.com/

Aconselha-se também o uso de máquinas fotográficas digitais especiais, resistentes à chuva. É importante que a lente da máquina seja checada frequentemente para retirada de eventuais gotas de água que possam atrapalhar a visualização das fotos posteriormente. Nesse caso é importante a manutenção de lenços de papel ou toalhas em sacolas secas, para limpeza da máquina.

Durante o trabalho de campo é recomendado o uso de roupa fina de neoprene ou calças longas de material leve (evitar jeans, pois quando molhado torna-se muito pesado e desconfortável) para evitar cortes e infecção. Sapatos fechados de neoprene ou pano são também recomendados.

AUTORES

Ricardo Coutinho – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM
(autor para correspondência: rcoutinhosa@yahoo.com.br)

Bruno Pereira Masi – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Carlos Eduardo Leite Ferreira – Universidade Federal Fluminense – UFF

Fernanda Neves Siviero – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Flávio Berchez – Universidade de São Paulo – USP

Hilda Helena Sovierzoski – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Ilana Rosental Zalmon – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

José Eduardo Arruda Gonçalves – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Luciana Erika Yaginuma – Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira – IEAPM

Luis Felipe Skinner – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

María Soledad López – CEBIMar - Universidade de São Paulo – USP

Maria Teresa Menezes Széchy – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Monica Dorigo Correia – Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Natalia Pirani Ghilardi-Lopes – Universidade Federal do ABC – UFABC

Ronaldo Adriano Christofoletti – IMar - Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Rosana Moreira da Rocha – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Referências

Alves, E.S.; Pezzuto, P.R. 2009. "Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beaches with contrasting morphodynamics". *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(2): 73-96.

Barry, J.P.; Baxter, C.H.; Sagarin, R.D.; Gilman, S.E. 1995. "Climate-related, long-term faunal changes in a California rocky intertidal community". *Science*, 267: 672–75.

Brauko, K.M. 2008. *Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas do Paraná*. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 75.

Chan, B.K.K.; Morritt, D.; Williams, G.A. 2001. "The effect of salinity and recruitment on the distribution of *Tetraclita squamosa* and *Tetraclita japonica* (Cirripedia; Balanomorpha) in Hong Kong". *Marine Biology*, 138: 999–1009.

Coutinho, R.; Zalmon, I. R. 2009. "O Bentos de costões rochosos". pp. 281-298. In: Pereira, R.C.; Soares-Gomes, A. *Biologia Marinha.* Rio de Janeiro: Interciência.

Denny, M.W.; Paine, R.T. 1998. "Celestial mechanics, sea-level changes, and intertidal ecology". *Biological Bulletin*,194: 108–115.

Denny, M.W.; Miller, L.P.; Harley, C.D.G. 2006. "Thermal stress on intertidal limpets: long-term hindcasts and lethal limits". *Journal Experimental Biology*, 209: 2420–2431.

Easterling, D.R.; Evans, J.L.; Groisman, P.Y.; Karl, T.R.; Kunkel, K.E.; Ambenje, P. 2000. "Observed Variability and Trends in Extreme Climate Events: A Brief Review". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(3): 417-425.

Fields, P.A.; Graham, J.B.; Rosenblatt, R.H.; Somero, G.N. 1993. "Effects of expected global climate change on marine faunas". *Trends in Ecology and Evolution*, 8: 361–367.

Gallucci, F.; Netto, S.A. 2004. "Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach". *Marine Ecology Progress Series*, 281: 79-92.

Gilman, S.E.; Wethey, D.S.; Helmuth, B. 2006. "Variation in the sensitivity of organismal body temperature to climate change over local and geographic scales". *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 103: 9560–9565.

Harley, C.D.G. 2008. "Tidal dynamics, topographic orientation, and temperature mediated mass mortalities on rocky shores". *Marine Ecology Progress Series*, 371: 37-46.

Harley, C.D.G.; Helmuth, B.S.T. 2003. "Local and regional scale effects of wave exposure, thermal stress, and absolute vs. effective shore level on patterns of intertidal zonation". *Limnology and Oceanography*, 48: 1498–1508.

Helmuth, B. 1998. "Intertidal mussel microclimates: Predicting the body temperature of a sessile invertebrate". *Ecological Monographs*. 68: 29–52.

Helmuth, B. 1999. "Thermal biology of rocky intertidal mussels: quantifying body temperatures using climatological data". *Ecology*, 80: 15–34.

Helmuth, B. 2002. "How do we measure the environment? Linking intertidal thermal physiology and ecology through biophysics". *Integrative and Comparative Biology*, 42: 837–845.

Helmuth, B. 2009. "From cells to coastlines: How can we use physiology to forecast the impacts of climate change?" *Journal of Experimental Biology*, 212: 753–60.

Helmuth, B.S.T.; Harley, C.D.G.; Halpin, P.M.; O'donnell, M.; Hofmann,G.E.; Blanchette, C.A. 2002. "Climate change and latitudinal patterns of intertidal thermal stress". *Science*, 298: 1015–1017.

Helmuth, B.; Hofmann, G. E. 2001. "Microhabitats, thermal heterogeneity, and patterns of physiological stress in the rocky intertidal zone". *Biological Bulletin*, 201: 374–384.

Helmuth, B.; Mieszkowska, N.; Moore, P.; Hawskins, S.J. 2006. “Living on the edge of two changing worlds: forecasting the responses of rocky intertidal ecosystems to climate change”. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37: 423–31.

Hepner, T.L; Davis, R.A. Jr. 2004. “Effect of El Niño (1997–98) on Beaches of the Peninsular Gulf Coast of Florida”. *Journal Coastal Research*, 20(3): 776-791.

Hofmann, G.E.; Somero G.N. 1995. “Evidence for protein damage at environmental temperatures: seasonal changes in levels of ubiquitin conjugates and hsp70 in the intertidal mussel *Mytilus trossulus*. *Journal of Experimental Biology*, 198: 1509–1518.

Houser, C.; Greenwood, B. 2007. “Onshore migration of a swash bar during a storm”. *Journal of Coastal Research*, 23:1-14.

IPCC, 2007: “Summary for Policymakers”. In: Climate Change 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

Kenyon, J.; Hegerl, G.C. 2008. “The Influence of ENSO, NAO and NPI on global temperature extremes”. *Journal of Climate,* 21: 3872-3889.

Kohler, K.E.; Gill, S.M. 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): “A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology”. *Computers Geosciences*, 32: 1259-1269.

Lathlean, J.A.; Ayre, D.J.; Todd, E. 2011. “Minchinton Rocky intertidal temperature variability along the southeast coast of Australia: comparing data from in situ loggers, satellite-derived SST and terrestrial weather stations”. *Marine Ecology Progress Series*, 439: 83-95.

Mantua, N.J.; Hare, S.R. 2002. “The Pacific Decadal Oscillation”. *Journal of Oceanography*, 58: 35-44.

Mantua, N.J.; Hare, S.R.; Zhang, Y.; Wallace, J.M.; Francis, R.C. 1997. “A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production”. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78: 1069–1079.

Massa, S.I.; Arnaud-Haond, S.; Pearson, G.A.; Serrao, E.A. 2009. “Temperature tolerance and survival of intertidal populations of the seagrass *Zostera noltii* (Hornemann) in Southern Europe (Ria Formosa, Portugal)”. *Hydrobiologia*, 619: 195–201.

Mislan, K.A.S.; Wethey, D.S.; Helmuth, B. 2009. “When to worry about the weather: Role of tidal cycle in determining patterns of risk in intertidal systems”. *Global Change Biology*, 15: 3056–3065.

Murray, S.N.; Ambrose, R.; Dethier, M.N. 2006. *Monitoring Rocky Shores*. Berkeley: University California Press.

Posey, M.; Lindberg, W.; Alphin, T.; Vose, F. 1996. “Influence of storm disturbance on an offshore benthic community”. *Marine Science*, 59(3): 523-529.

Ricketts, E.F.; Calvin, J.; Hedgepeth, J.W.; Phillips, D.W. 1985. *Between pacific tides*. Stanford, CA: Stanford University Press.

Root, T.L.; Price, J.T.; Schneider, S.H.; Rosenzweig, C.; Pounds, J.A. 2003. “Fingerprints of global warming on wild animals and plants”. *Nature*, 421: 57–60.

Scheffer, M. 2004. *Ecology of Shallow Lakes*. Berlin: Springer.

Siviero, F.N. 2010. *Influência dos fatores bióticos e abióticos na distribuição de cirripedes da zona entremarés: Uso de sensores e implicações das mudanças climáticas na estrutura da comunidade*. Tese de Doutorado. Biologia Marinha, UFF, Niterói, RJ.

Sola, M.C.R.; Paiva, P.C. 2001. “Variação temporal da macrofauna bentônica sublitoral da praia da Urca (RJ) após a ocorrência de ressacas”. *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49(1-2): 137-142.

Somero, G.N. 2002. “Thermal physiology and vertical zonation of intertidal animals: optima, limits, and costs of living”. *Integrative and Comparative Biology*, 42: 780–789

Somero, G.N. 2012. “The physiology of global change: linking patterns to mechanisms”. *Annual Review Marine Science*, 4: 2.1-2.23.

Southward, A.J.; Hawkins, S.J.; Burrows, M. T. 1995. “Seventy years observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature”. *Journal of Thermal Biology*, 20, 127–155.

Trygonis, V.; Sini, M. 2012. “PhotoQuad: A dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods”. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 424-425: 99–108.

Underwood, A.J. 1999. “Physical disturbances and their direct effect on an indirect effect: responses of an intertidal assemblage to a severe storm”. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 232: 125–140.

Wethey, D.S. 2002. “Biogeography, competition, and microclimate: the barnacle *Chthamalus fragilis* in New England”. *Integrative and Comparative Biology,* 42: 872–880.

Wethey, D.S. 1985. “Local and regional variations in settlement and survival in the littoral barnacle Semibalanus balanoides: patterns and consequences”. pp. 194-202. In: Seed, R.; Moore, P.G. (Eds) *The ecology of rocky coasts*. London: Hodder and Stoughton.

Wethey, D.S.; Woodin, S.A.; Hilbish, T.J.; Jones, S.J.; Lima, F.P.; Brannock, P.M. 2011. “Response of intertidal population to climate: effect of extreme events versus long term change”. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 400: 132-144.

Williams, J.J.; Rose, C.P. 2001. “Measured and predicted rates of sediment transport in storm conditions”. *Marine Geology*, 179(1-2): 121-133.

ANEXO 13-I. FORMULÁRIO DE CAMPO (DADOS ABIÓTICOS)

	Monitoramento de Costões Rochosos ao Longo do Litoral Brasileiro

Caracterização dos locais de monitoramento: ____
____
____
____

Identificação do Grupo Responsável Pelo Monitoramento/ Obtenção dos Dados
Coordenador da Equipe: ____
Instituição: ____
Contato: ____

Identificação do local de estudo
Área:___________________ _____________________ Local: ______________________________
Latitude: ________° ________’ ________” S ; Longitude: ________° ________’ ________” W
Inclinação do costão: ___________________ Extensão vertical do costão: _______________
Orientação geográfica do costão (graus em relação ao NORTE GEOGRÁFICO):
Orientação em relação aos ventos predominantes: ____________________________________
Orientação em relação à ondulação predominante: ____________________________________

Características gerais na escolha do costão:
Tipo da matriz rochosa (substrato): ____
Substrato: Natural (Costão, Pedras isoladas/matacões, recife), Artificial (quebra-mar)
Distância de fontes permanentes de água doce: ____
Profundidade a 100 m do costão: ____

	Monitoramento de Costões Rochosos ao longo do Litoral Brasileiro

Estudo da Zonação (transecções – domínio amostral desejável de 30 a 40 m)

Transecção	Extensão (m)	Número de Faixas	Posição no costão
1			
2			
3			
4			
5			

Transecção	Faixa	Margem superior (m)*	Margem inferior (m)*	Inclinação	Observações
1	Chth				
1	Brach				
1	Perna				
1	Algas				
2	Chth				
2	Brach				
2	Perna				
2	Tapete Calc				
2	Ulva				
...	...				

* medir a partir do ponto fixo superior no costão.

Capítulo 14

MONITORAMENTO DE LONGO PRAZO DA MACROFAUNA BENTÔNICA ENTREMARÉS DE PRAIAS ARENOSAS

José Souto Rosa Filho, Guilherme Nascimento Corte, Tatiana Fabricio Maria, Leonir André Colling, Marcia Regina Denadai, Leonardo Cruz da Rosa, Carlos Alberto Borzone, Tito César Marques de Almeida, Ilana Rosental Zalmon, Elianne Omena, Valéria Veloso, Antonia Cecilia Zacagnini Amaral

Foto: Marcia R. Denadai

Introdução

Praias arenosas são ambientes presentes na maior parte do litoral de zonas tropicais e temperadas e, embora sejam percebidas principalmente em relação ao seu valor econômico e recreacional, são responsáveis pelo fornecimento de diversos bens e serviços ecossistêmicos, como sustentação da pesca costeira e proteção da linha de costa. Apesar de parecerem desprovidas de vida, uma grande diversidade de espécies pode ser encontrada em praias arenosas. A falsa impressão de um ambiente desértico vem do fato de que muitas dessas espécies possuem tamanho reduzido e vivem enterradas, em alguns casos entre os minúsculos grãos de areia, durante toda a vida ou parte dela. Portanto, na areia das praias podem ser encontrados representantes de diversos filos, como cnidários, turbelários, nemérteos, nematódeos, anelídeos, molus-

cos, equiurídeos, sipunculídeos, artrópodes, picnogonídeos, braquiópodes, equinodermos, hemicordados e vertebrados (Amaral *et al.*, 2003; McLachlan & Brown, 2006).

Por ser um ambiente de transição entre a terra e o mar, praias são ambientes dinâmicos e fisicamente controlados. São influenciadas por fatores físicos como energia das ondas, marés, ventos, temperatura, chuvas e proximidade às fontes de água doce (McLachlan & Brown, 2006) e estão entre os ecossistemas mais vulneráveis aos eventuais impactos de mudanças climáticas, como (1) aumento do nível do mar, (2) alteração da amplitude de marés, (3) aumento na frequência e magnitude de eventos extremos, (4) alterações de direção e intensidade das ondas (5) aumento das taxas de erosão costeira, (6) elevação da temperatura do mar, (7) acidificação dos oceanos e (8) modificações na distribuição das chuvas e na descarga sólida (sedimento) de rios (Muehe, 2006; Bindoff *et al.*,2007; Trenberth *et al.*, 2007; McGlone & Vuille, 2012).

Ainda que as mudanças climáticas globais sejam discutidas há algum tempo, os seus impactos sobre a biota de praias arenosas são pouco conhecidos (Schlacher *et al.*, 2008, Defeo *et al.* 2009), o que dificulta o entendimento concreto do problema e não possibilita o manejo adequado desse ambiente e de seus recursos. As previsões disponíveis sugerem uma ampla gama de impactos, desde alterações na morfodinâmica, energia incidente, modificações na composição do sedimento, inclinação e área disponível para ocupação pelos organismos, em condições mais amenas e/ou iniciais, até a perda da região entremarés e do pós-praia e, consequentemente, da sua biota associada em eventos extremos e recorrentes.

O Brasil possui um dos mais extensos litorais do mundo (cerca de 8.000 km), ao longo dos quais podem ser encontrados os mais variados tipos de praias. Devido principalmente ao rápido crescimento econômico e especulação imobiliária, as praias brasileiras são constantemente impactadas, acarretando em um alto risco de perda da biodiversidade e desequilíbrio ambiental. Somam-se a isso os potenciais efeitos oriundos das mudanças climáticas e torna-se cada vez mais urgente a adoção de estratégias que visem à compreensão das modificações na biota advindas dessas mudanças, bem como de planos de manejo para mitigação das suas causas e adaptação aos seus efeitos. Dentre essas estratégias, uma das mais recomendadas é o monitoramento contínuo das características físicas do ambiente – morfologia do pós-praia e a face praial, granulometria dos sedimentos e regime de ondas – e de sua biota.

Diferente de outros grupos biológicos, a macrofauna bentônica possui baixa mobilidade e não é capaz de deixar rapidamente o local que habita quando as condições ambientais são alteradas. Essa íntima associação com o habitat faz com que a composição e abundância das comunidades bentônicas macrofaunais de praias arenosas sejam determinadas principalmente pelos fatores que modificam o ambiente, (i.e., ondas, marés, ventos, chuvas, constituição sedimentar e influência de fontes de água doce), os quais podem causar profundas mudanças na biota.

Embora ainda não esteja clara a magnitude exata das alterações que as mudanças climáticas possam ocasionar em praias arenosas, a macrofauna habitante desse ecossistema certamente será, em maior ou menor grau, influenciada. Entre os efeitos previstos, a elevação da temperatura poderá afetar o padrão de distribuição e abundância dos organismos e extinguir as espécies menos tolerantes e com menor capacidade de dispersão, enquanto o aumento no nível do mar fará com que a linha d'água se mova em direção ao continente removendo habitats para a biota. Ainda, a acidificação dos oceanos poderá reduzir as taxas de calcificação em organismos marinhos, o que afetará diversas espécies de moluscos, crustáceos, cnidários e equinodermos (Defeo *et al.* 2009). O monitoramento contínuo da macrofauna bentônica de praias possibilitará uma melhor compreensão dos efeitos das alterações ecossistêmicas oriundas de mudanças climáticas.

Objetivo

Monitorar por longo prazo a comunidade macrobentônica de praias, considerando os possíveis efeitos das mudanças climáticas na composição e estrutura da comunidade bentônica entremarés.

Métodos

Definição da Área de Estudo

Em cada local de estudo deverá ser monitorada ao menos uma praia localizada em áreas sob o menor impacto antrópico possível, para que os efeitos deste não sejam confundidos com os das mudanças climáticas. É recomendável que a praia seja do tipo dissipativa a intermediária, tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Whright & Short (1984) para praias de micro e mesomarés, e Masselink & Short (1993) para praias de macromarés. Essa escolha deve-se ao fato de que praias dissipativas abrigam maior biodiversidade e são mais suscetíveis aos possíveis efeitos das mudanças climáticas, como aumento do nível do mar e erosão decorrente de tempestades severas (Defeo *et al.* 2009).

Em cada praia deverá ser estabelecido um setor de 30 m de comprimento, paralelo à linha d'água, e largura da região entremarés, entre a linha da maré mais alta e o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia, onde ocorrerá a amostragem. É recomendável que esse setor se localize fora da área de influência de rios ou vertedouros d'água para que os efeitos desses, muitas vezes relacionados às atividades antrópicas como descarga de poluentes, não se confundam com os oriundos das mudanças climáticas. Também recomenda-se que o setor seja visualmente homogêneo em seu interior e nas proximidades, evitando a presença de bancos de areia, poças de marés, diferentes constituições sedimentares ou inclinação. Para que as variações na macrofauna sejam melhor acompanhadas é necessário que o setor tenha sempre a mesma localização. Assim, deverá ser estabelecido um Marco Fixo (MF), georreferenciado, na região posterior às dunas, no início da vegetação arbustiva ou de alguma estrutura física já existente (estrada, calçada, muro, entre outras) que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem.

Amostragem

Após a determinação do setor de amostragem, deverá ser medida (1) a distância entre o marco fixo e a linha da maré alta (linha de deixa mais evidente) e (2) a largura da praia desde o MF até o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia. A partir da diferença dessas duas medidas a largura da região entremarés poderá ser aferida. O perfil praial também deverá ser determinado, e poderá ser realizado da maneira mais conveniente, i.e., utilizando teodolito, nível de pedreiro, DGPS ou método de Emery. O método de balizas, proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II), é seguramente o de mais fácil aplicação e baixo custo. As medidas de perfil deverão ser tomadas em intervalos de 10 m a partir do marco fixo até a linha d'água no pico de maré baixa de sizígia, tomando-se a diferença entre a altura de um ponto em relação ao inferior, sucessivamente, até obter a altura total da praia (supralitoral + mediolitoral).

A coleta do macrobentos deverá ocorrer semestralmente, no final do verão (fevereiro-março) e final do inverno (agosto-setembro) durante marés baixas de sizígia. Dez transectos equidistantes perpendiculares à linha d'água devem ser estabelecidos no setor de amostragem. Um espaçamento de 3 m entre os transectos é recomendado para que a amostragem em um transecto não interfira nos transectos vizinhos (Figura14-1). Em cada coleta, as amostras devem ser obtidas no mínimo em 3 transectos, sorteados aleatoriamente, entre os dez demarcados. Ao longo dos transectos, a amostragem deve ser do tipo sistemática, com tomada de amostras em 10 pontos equidistantes. A determinação da distância entre pontos será feita a cada coleta, devendo-se, para tal, dividir a largura total do setor de amostragem, largura da região entremarés, por nove. O primeiro ponto de coleta deverá estar situado na linha d'água e o último, no ponto máximo atingido pela maré alta de sizígia. As amostras do macrobentos devem ser coletadas utilizando-se

um amostrador cilíndrico com 20 cm de diâmetro (0,031 m^2) enterrado até 20 cm de profundidade. O volume de sedimento no interior do amostrador constitui uma amostra.

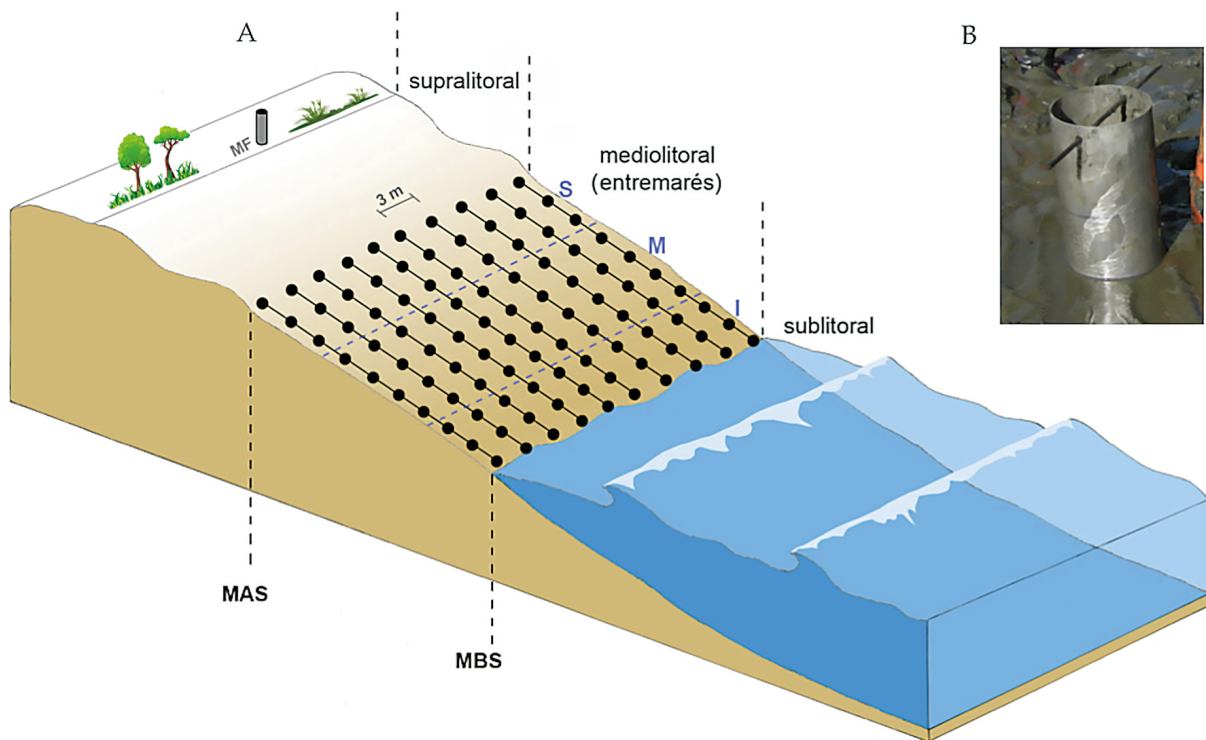



Figura 14-1. A, Desenho amostral para coleta da macrofauna bentônica entremarés nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I); B, Amostrador (20 cm de diâmetro). MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner.

Além das amostras da macrofauna, deverá ser coletada uma amostra de sedimento na estação central de cada transecto (ponto de amostragem 5) para que análises granulométricas – diâmetro médio do grão, coeficiente de seleção, assimetria e curtose do sedimento – sejam realizadas (ver ANEXO 14-III). Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (http://www.cptec.inpe.br);
- SIMCos (http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html);
- Climatempo (http://www.climatempo.com.br).

Os dados abióticos deverão ser armazenados em planilha (Tabela 14-1).

Tabela 14-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somente os campos marcados em amarelo).

Praia:			Georreferenciamento (MF):					
Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	10		1					
	20		1					
	30		1	10				
	40		1	9				
	50		1	8				
	60		1	7				
	70		1	6				
	80		1	5				
	90		1	4				
	100		1	3				
	110		1	2				
	∞		1	1				
	10		2					
	20		2					
	30		2	10				
	40		2	9				
	50		2	8				
	60		2	7				
	70		2	6				
	80		2	5				
	90		2	4				
	100		2	3				
	110		2	2				
	∞		2	1				
	10		3					
	20		3					
	30		3	10				
	40		3	9				
	50		3	8				
	60		3	7				
	70		3	6				
	80		3	5				
	90		3	4				
	100		3	3				
	110		3	2				
	∞		3	1				

Procedimentos de Laboratório

Após a coleta, as amostras devem ser lavadas com água do mar, em malha de abertura 0,5 mm (adicionalmente poderá ser utilizada malha de 1 mm sobreposta à malha de 0,5 mm) e os organismos retidos nas peneiras devem ser fixados em álcool etílico 70%. Esse procedimento exige atenção para que os organismos não passem despercebidos. Cuidado especial deve ser dedicado para a retirada dos vermes da malha da peneira, com pinça fina, pois esses animais são facilmente fragmentados durante esse processo.

Caso não seja possível realizar a triagem no dia da coleta, ou no máximo no dia seguinte, o sedimento de cada amostra deve ser mantido individualizado em sacos plásticos resistentes e fixado em formol a 10%. A seguir, as amostras devem ser acondicionadas em recipientes fechados para posterior triagem.

Em laboratório, os organismos devem ser identificados ao menor nível taxonômico possível, a partir de consulta a bibliografia recomendada (página 258), contados e conservados em álcool etílico 70%. Os dados devem ser registrados em planilhas contendo informações sobre a ocasião da coleta e o número de indivíduos de cada espécie presentes em cada amostra (Tabela 14-2). Os dados de macrofauna, bem como os abióticos, alimentarão o banco de dados da ReBentos, que disponibilizará as informações obtidas pela rede como um todo (ver Capítulo 1).

Tabela 14-2. Planilha para registro dos dados da macrofauna.

Praia: ________		Georreferenciamento (MF): ________				
Data	**Transecto**	**Nº da amostra**	**Sp. 1**	**Sp. 2**	**Sp. 3**	**Sp. 4**
DD/MM/AA	T1	1				
DD/MM/AA	T1	2				
	T1	3				
	T1	4				2
	T1	5	1			
	T1	6				
	T1	7		3		
	T1	8	2			
	T1	9			4	
	T1	10				
	T2	1				
	T2	2				

Tratamento dos Dados

De forma a facilitar as comparações entre as diferentes praias, os dados de densidade dos organismos deverão ser transformados em abundância por metro linear (AML; ind./m¹), multiplicando-se a densidade média "q" (expressa em inds/m²) em cada nível amostral "i" de todas as amostras "m" pertencentes à transversal "r" (qm) pela largura correspondente da área amostrada "w" (largura da faixa de distribuição dos organismos), conforme equação abaixo proposta por Brazeiro & Defeo (1996).

$$AML_r = \frac{\sum_{i=1}^{m} q_i}{m_r} w_r$$

AUTORES

José Souto Rosa Filho – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
(autor para correspondência: souto.rosa@ufpe.br)

Antonia Cecilia Zacagnini Amaral – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Carlos Alberto Borzone – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Elianne Omena – FAPESE/CENPES/PDEDS/AMA/PETROBRAS, Brasil

Guilherme Nascimento Corte – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Ilana Rosental Zalmon – Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF

Leonardo Cruz da Rosa – Universidade Federal de Sergipe – UFS

Leonir André Colling – Universidade Federal do Rio Grande – FURG

Marcia Regina Denadai – Universidade de São Paulo – USP

Tatiana Fabricio Maria – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Tito César Marques de Almeida – Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI

Valéria Veloso – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (*in memorian)*

Referências

Amaral, A.C.Z.; Denadai, M.R.; Turra, A.; Rizzo, A.E. 2003. "Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical tide-dominated sandy beaches". *Journal of Coastal Research*, 35: 446-455

Bindoff, N.; Willebrand, J.; Artale, V.; Cazenave, A.; Gregory, J.; Gulev, S.; Hanawa, K.; Quéré, C. 2007. *Observations: Oceanic climate change and sea level. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 385-342.

Brazeiro, A.; Defeo, O. 1996. "Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments?" *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 523-536.

Defeo, O.; Mclachlan, A.; Schoeman, D.S.; Schlacher, T.; Dugan, J.; Jones, A.; Lastra, M.; Scapini, F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 81: 1-12.

Emery, K.O. 1961. "A Simple Method of Measuring Beach Profiles". *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.

Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.

Mcglone, D.; Vuille, M. 2012. "The associations between El Niño-Southern Oscillation and tropical South American climate in a regional climate model". *Journal of Geophysics Research*, 117: 1-15.

Mclachlan, A.; Brown, A.C. 2006. *The ecology of sandy shores*. New York: Elsevier, p. 373.

Muehe, D.K. 2006. *Erosão e Progradação no litoral brasileiro*. Brasília: MMA, p. 476.

Schlacher, T.A.; Schoeman, D.S.; Dugan, J.; Lastra, M.; Jones, A.; Scapini, F.; Mclachlan, A. 2008. "Sandy beach ecosystems: key features, management challenges, climate change impacts, and sampling issues". *Marine Ecology*, 29: 70–90.

Trenberth, K.E.; Jones, P.D.; Ambenje, P.G.; Bojariu, R.; Easterling, D.R.; Klein Tank, A.M.G.; Parker, D.E.; Renwick J.A. 2007. *Surface and atmospheric climate change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 235-336.

Wright, L.D.; Short, A.D.J. 1984. "Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis". *Marine Geology*, 56: 92-118.

Anexo 14-I. Glossário

Marco Fixo (MF)

Estrutura imóvel e duradoura que pode ser utilizada como referência de localização. Construções e grandes rochas são exemplos de estruturas adequadas para a utilização como marco fixo. Árvores e pequenas construções, como postes e muretas, devem ser evitados devido ao risco de serem removidos.

Maré de Sizígia

Maré de grande amplitude que ocorre quando se somam a atração gravitacional do Sol e da Lua. Essa maré ocorre por ocasião da Lua Cheia e Nova.

Perfil Praial

Perfil de equilíbrio móvel, isto é, frequentemente modificado pela hidrodinâmica local. Altera-se rapidamente nas tempestades e se reestrutura em períodos de bom tempo.

Ponto de Amostragem

Local de retirada e contagem de uma amostra ou réplica (pegador, amostrador, delimitador etc).

Transecto

Linha perpendicular à linha d'água ao longo da qual são retiradas sistematicamente as amostras, biológicas e, ou somente, abióticas. Normalmente parte de um local acima do nível da maré alta e segue até próximo ao da linha de maré baixa ou mais profundo.

Anexo 14-II. Um Método Simples para a Medição de Perfil

Esse método de medição de perfil (modificado de Emery, 1961) requer apenas duas réguas, cada uma com 1,5 m de altura, e dois observadores. É recomendada a colocação de uma pequena base, de preferência articulável, nas réguas para prevenir o afundamento na areia.

Procedimento

As medidas de perfil deverão ser tomadas a partir de um Marco Fixo, georreferenciado, na região posterior às dunas, no início da vegetação arbustiva ou de alguma estrutura física já existente (estrada, calçada, muro, entre outras). É muito importante que o Marco Fixo possua uma medida de altura permanente, que poderá ser estabelecida pela equipe, por exemplo, a 1 m do chão e marcado com tinta resistente ou pela colocação de um marco, parafuso, por exemplo, ou ainda utilizando-se de estrutura já existente, como altura do muro, portão, calçada ou uma marca permanente em um poste ou árvore, etc. Essa altura deverá ser registrada para que se tenha um referencial confiável da variação da elevação total da praia ao longo do monitoramento contínuo.

Durante a medição, as réguas são mantidas verticalmente a distâncias regularmente espaçadas, de 2 a 10 m, uma da outra, dependendo da largura da praia, em uma linha traçada perpendicularmente à linha d'água (Figura 14-II-1). O observador que estiver caminhando em direção à linha d'água com a régua mais afastada do mar deve alinhar o olho com o topo da régua mais próxima a água e o horizonte (a linha entre céu e mar ao fundo é uma boa dica). Ele, então, lê na sua régua e registra a altura na qual observou o alinhamento do horizonte com o topo da régua posicionada mais abaixo (Figura 14-II-2). Essa altura é a medida da diferença em elevação da praia entre os dois pontos onde as réguas foram posicionadas. Caso a régua mais afastada do mar esteja em um nível abaixo daquela posicionada mais próximo ao mar, a diferença na elevação deve ser lida pelo mesmo observador, alinhando o topo da sua régua com o horizonte e lendo a intersecção na régua mais próxima ao mar. Para continuar a medida do perfil, a régua do nível superior é levada para o próximo ponto, sempre considerando a distância inicial, e uma nova leitura é realizada.

Por convenção, as diferenças de elevação são registradas como positivas ou negativas dependendo se a régua em direção à praia está acima ou abaixo da outra régua. Por fim, para obter o perfil de toda a largura da praia, as diferenças de elevação são somadas e plotadas contra a distância horizontal.

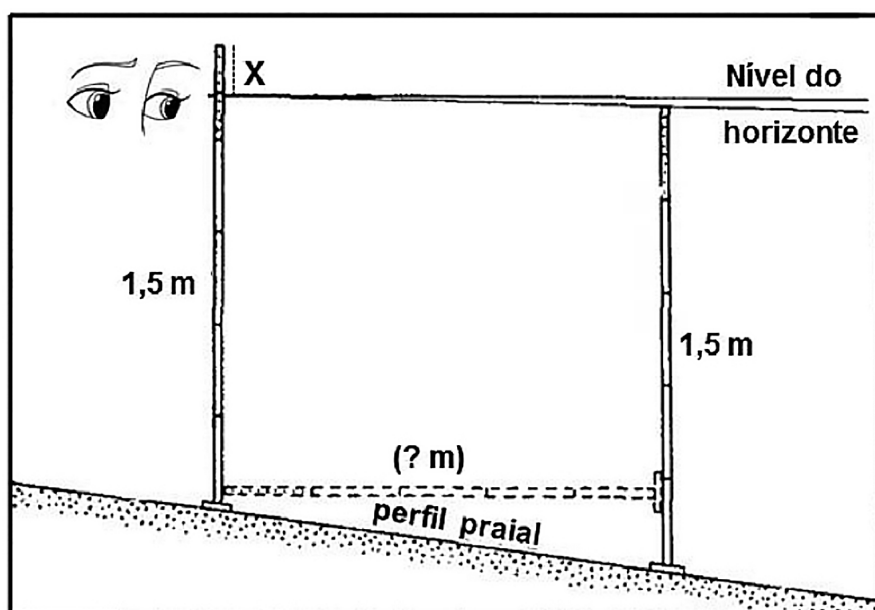



Figura 14-II-1. Réguas e forma de posicionamento para a medição do perfil praial. X: diferença em elevação da praia entre os dois pontos onde estão as réguas (Modificado de Emery, 1961).

Figura 14-II-2. Exemplo de medição de perfil praial, segundo método de Emery (1961). Foto: G.S.C. Monteiro

Referências

Emery, K.O. 1961. "A Simple Method of Measuring Beach Profiles". *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.

Anexo 14-III. Determinação das Propriedades do Sedimento

Coleta e Processamento Inicial das Amostras

As amostras de sedimento devem ser coletadas com o auxílio de um amostrador de 5 cm de diâmetro, enterrado a 20 cm de profundidade. Após coletado, o material será resfriado em campo e posteriormente congelado em laboratório por um período máximo de 28 dias. Caso se deseje demorar mais tempo para o processamento das amostras, estas devem ser secas em estufa a temperaturas de 50ºC até a perda total da umidade.

Análise Granulométrica (Suguio, 1973)

A análise granulométrica deve ser feita utilizando-se o método tradicional de peneiramento e pipetagem. Essa análise deve ser feita nas amostras sem matéria orgânica, mas com carbonatos.

1. Pesar 50 g de sedimento seco;
2. Peneiramento úmido: passar a amostra em malha de 0,062 mm de abertura com o auxílio de água destilada (evitar utilizar mais de 900 ml de água). O peneiramento deve ser feito de forma que a água+sedimento fino (que passou pela peneira) sejam acondicionados em proveta de 1 L;
3. Transferir o resíduo que ficou na peneira para um béquer etiquetado e secar em estufa a temperatura inferior a 100ºC;
4. Peneiramento seco: o resíduo da etapa de peneiramento úmido (fração de grãos com diâmetro maior que 0,062 mm) é pesado e então peneirado em um conjunto de peneiras de malhas 2,000 mm; 1,414 mm; 1,000 mm; 0,707 mm, 0,500 mm; 0,354 mm; 0,250 mm; 0,177 mm; 0,125 mm; 0,088 mm e 0,062 mm sob vibração por 15 min. Pesar o sedimento retido em cada peneira;
5. Pipetagem: elevar o volume do filtrado na etapa 2 para 1 L e agitar a solução. Coletar alíquotas da proveta com o auxílio de uma pipeta de 20 ml após passado o tempo suficiente para decantação das partículas com diferentes tamanhos, como apresentado na Tabela 14-III-1. Essas alíquotas são transferidas para béqueres de peso conhecido, secas em estufa a temperatura menor que 100ºC e pesadas.

Tabela 14-III-1. Profundidades de coleta de alíquotas e tempo de coletas durante a etapa de pipetagem da análise granulométrica de acordo com Suguio (1973).

Fração (mm)	Profundidade de coleta (cm)	Tempo de coleta após agitação inicial
0,062-0,031	20	58 s
0,031-0,016	20	3 min 52 s
0,016-0,008	10	7 min 44 s
0,008-0,004	10	31 min
<0,004	10	2 h 3 min

As porcentagens de cada fração são determinadas com base nos pesos das frações das etapas 3 e 4 em relação ao peso total inicial após a etapa 1, conforme a Tabela 14-III-2.

Tabela 14-III-2. Frações e classificações granulométricas e etapas de obtenção dos dados conforme metodologia de análise de Suguio (1973).

<table>
<tr><th>Fração (mm)</th><th>Classificação</th><th>Etapa de obtenção</th></tr>
<tr><td>2,000-1,410</td><td rowspan="2">Areia muito grossa</td><td rowspan="10">Peneiramento seco</td></tr>
<tr><td>1,410-1,000</td></tr>
<tr><td>1,000-0,707</td><td rowspan="2">Areia grossa</td></tr>
<tr><td>0,707-0,500</td></tr>
<tr><td>0,500-0,354</td><td rowspan="2">Areia média</td></tr>
<tr><td>0,354-0,250</td></tr>
<tr><td>0,250-0,177</td><td rowspan="2">Areia fina</td></tr>
<tr><td>0,177-0,125</td></tr>
<tr><td>0,125-0,088</td><td rowspan="2">Areia muito fina</td></tr>
<tr><td>0,088-0,062</td></tr>
<tr><td>0,062-0,031</td><td>Silte grosso</td><td rowspan="5">Pipetagem</td></tr>
<tr><td>0,031-0,016</td><td>Silte médio</td></tr>
<tr><td>0,016-0,008</td><td>Silte fino</td></tr>
<tr><td>0,008-0,004</td><td>Silte muito fino</td></tr>
<tr><td><0,004</td><td>Argila</td></tr>
</table>

Para a determinação do diâmetro médio (φ - phi) dos grãos, usa-se como base a equação proposta por Folk & Ward (1957).

Referências

Folk, R.L.; Ward, W.C. 1957. “Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters”. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.

Suguio, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher/EDUSP, p. 317.

Anexo 14-IV. Material para Desenvolvimento dos Protocolos de Praias

Campo

- GPS, para posicionamento;
- 2 balizas metradas (balizas de Emery) para a medição do perfil e altura de ondas;
- Relógio;
- 2 cordas de naylon, metradas;
- Amostrador de 20 cm de diâmetro (amostra biológica);
- Amostrador de 5 cm de diâmetro (amostra de sedimento);
- Pás (pequenas e médias);
- Sacos plásticos para acondicionamento das amostras biológicas e de sedimento numerados e etiquetadas;
- Pranchetas de PVC para anotações;
- Lápis.

Triagem

- Água salgada; podendo ser água doce no caso das amostras estarem fixadas;
- Peneiras com malha de abertura 0,5 mm e 1 mm para macrofauna;
- Pinças de ponta fina (pinça do tipo relojoeiro) e romba;
- Recipientes plásticos para o acondicionamento dos organismos;
- Etiquetas para identificação;
- Lápis.

Laboratório

- Frascos de plástico e/ou vidro para armazenamento dos organismos;
- Etiquetas para identificação;
- Planilhas;
- Anestésico (cloreto de magnésio (7%) ou mentol);
- Álcool 70%;
- Formol (6-10%), quando estritamente necessário.;
- Estufa de secagem;
- Peróxido de hidrogênio (H_2O_2) concentrado (30-50%);
- Ácido clorídrico a 10%;
- Vidraria (beckeres, provetas, etc.);
- Bastão de vidro;
- Água destilada;
- Agitador eletromagnético;

- Peneiras de malhas 2,000 mm, 1,414 mm, 1,000 mm, 0,707 mm, 0,500 mm, 0,354 mm, 0,250 mm, 0,177 mm, 0,125 mm, 0,088 mm, 0,062 mm.

Obs.: Recomenda-se devolver os animais para o local de onde foram coletados, quando a identificação já foi efetuada no campo e não será mais utilizado para obtenção de dados.

ANEXO 14-V. FORMULÁRIO DE CAMPO

	Formulário de Coleta e Monitoramento da Macrofauna

Praia: ______________________ Município: ____________________ Estado: ______

Posição do Marco Fixo:

Latitude: ______°_______' _______" S Longitude: ______°______'_______" W

Datum GPS: ______________________

Data da coleta: _________________ Hora inicial: _________ Hora final:_________

Distância entre MF e linha de maré alta (m): _______________

Larg. entremarés (m):_______ Distância entre os níveis: S/M ________ M/I ________

Declividade entre pontos de observação (cm):_______________________________________

____

Obs. climáticas: ____

____

____

Capítulo 15

MONITORAMENTO DA MEIOFAUNA BENTÔNICA INTERMAREAL

Tatiana Fabricio Maria Adriane Pereira Wandeness, Maikon Di Domenico, Virag Venekey, Orane Falcão, Verônica Fonseca Genevois, Paulo Jorge Parreira dos Santos, André Morgado Esteves

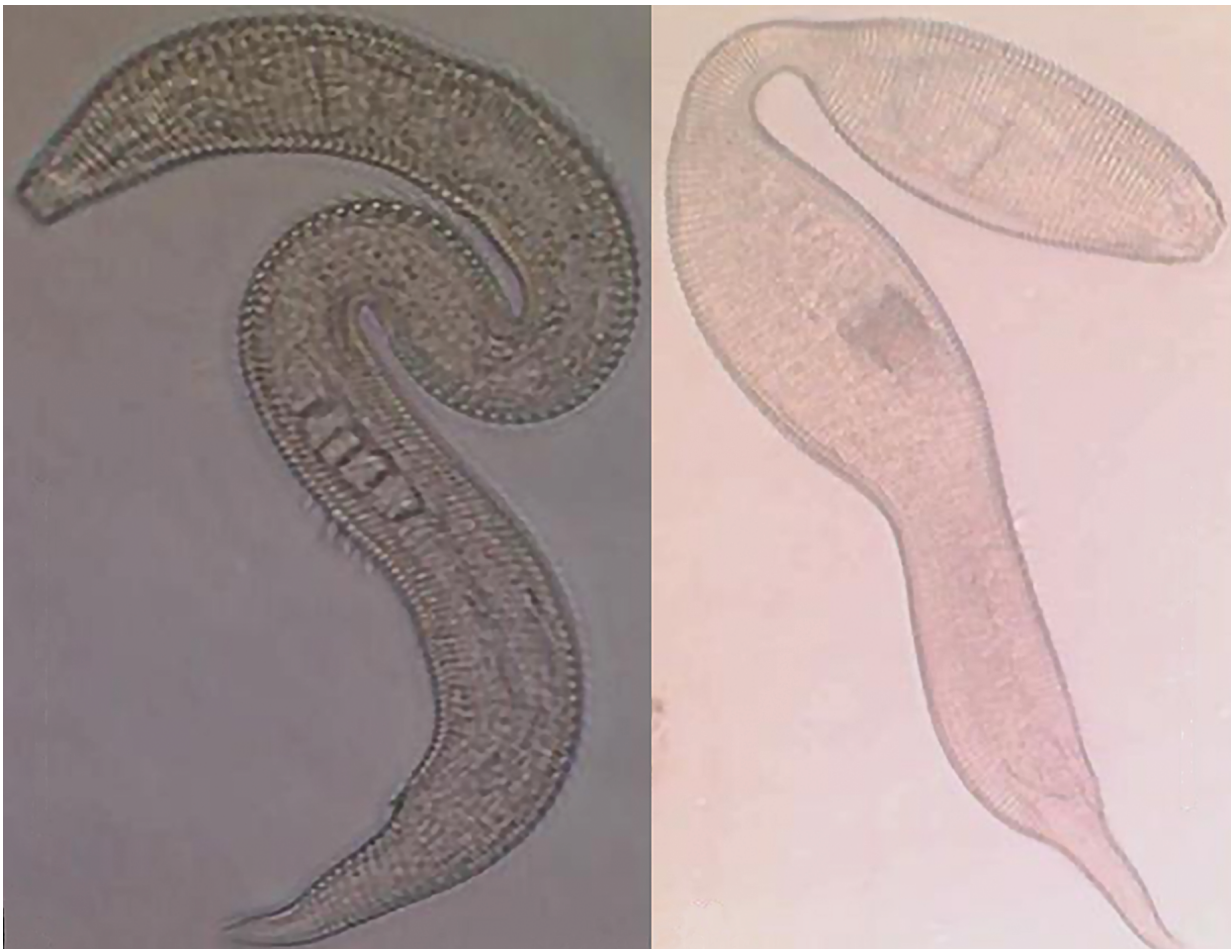



Foto: Tatiana F. Maria

Introdução

Por muitos anos as praias arenosas foram negligenciadas em estudos ecológicos devido à sua aparência desértica (Remane 1933). Com o passar dos anos, a fauna de praias passou a ser reconhecida e maior atenção passou a ser dada à macrofauna, enquanto a meiofauna continuou sendo negligenciada. O termo meiofauna é utilizado para os organismos bentônicos pertencentes a uma classe intermediária de tamanho, ultrapassando as malhas de 500 µm e ficando retidos nas malhas de 62-38 µm durante o processo de lavagem das amostras do bentos. Dentre os 27 grupos que podem ser encontrados na meiofauna, os turbelários, os nematódeos e os copépodes são os organismos mais abundantes (Giere, 2009).

Assim como a macrofauna, a meiofauna bentônica apresenta reduzida mobilidade ou imobilidade em alguns grupos; não sendo capaz de deixar o local que habitam quando as condições ambientais são alteradas, apresenta ciclo de vida curto e ocorre também em ambientes onde a macrofauna se encontra

praticamente ausente, como em algumas praias refletivas (Giere, 2009). Portanto, a combinação destas características com a sua fácil amostragem torna este grupo de organismos um bom indicador biológico de impactos naturais ou antrópicos, ainda que existam poucos estudos voltados para o efeito das mudanças climáticas nos grupos da meiofauna (Gingold *et al.*, 2013).

Objetivo

Monitorar em longo prazo a meiofauna do entremarés de praias, considerando as possíveis alterações na estrutura da comunidade como consequência de mudanças climáticas.

Métodos

Definição da Área de Estudo

O monitoramento deve ocorrer em praias localizadas em áreas sob o menor impacto antrópico possível para que os efeitos deste não sejam confundidos com os das mudanças climáticas. É recomendável que a praia seja do tipo dissipativa a intermediária, tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Whright & Short (1984) para praias de micro e mesomarés, e Masselink & Short (1993) para praias de macromarés. Essa escolha deve-se ao fato de que praias refletivas possuem um maior grau de dinamismo, o que dificultaria o monitoramento das mudanças.

Amostragem

Inicialmente será estabelecido um Marco Fixo (MF), georreferenciado, na região posterior às dunas, no início da vegetação arbustiva ou de alguma estrutura física já existente (estrada, calçada, muro, árvore entre outras), que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem. Para a determinação do perfil praial pode ser utilizado o método de baliza proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II). Além do perfil, também deve ser medida a distância entre a linha da maré alta e o marco fixo. A coleta da meiofauna deverá ocorrer caracterizando duas situações climáticas distintas, por exemplo, períodos seco e chuvoso. Deve-se levar em consideração as características climáticas de cada região brasileira durante as marés de sizígia. Se possível, a coleta pode ser combinada com as amostragens da macrofauna.

Três transectos fixos, equidistantes e perpendiculares à linha d'água devem ser estabelecidos na praia a ser estudada. A distância dos transectos deve ser determinada em função do comprimento do arco praial ou considerando características peculiares da praia, buscando uma maior homogeneidade entre os transectos e evitando a presença de fontes de água doce. Em cada transecto, devem ser determinados três pontos na zona entremarés, equivalentes ao centro de cada um dos níveis: o mediolitoral inferior, o mediolitoral médio e o mediolitoral superior (Figura 15-1). Em cada ponto, três réplicas deverão ser coletadas, utilizando um coletor de 10 cm^2 de área (1,8 cm de diâmetro) com profundidade de 10 cm.

Além das amostras da meiofauna, para cada campanha amostral também deverão ser obtidas as seguintes variáveis (conforme ANEXO 15-I):

- Georreferenciamento do MF (com GPS);
- Largura da praia desde o MF até o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia;
- Largura da zona entremarés (a partir do MF);
- Declividade da zona entremarés, com o uso de teodolito ou da baliza de Emery (1961) (ANEXO 14-II);
- Diâmetro médio do grão (DMG), coeficiente de seleção (CS), assimetria e curtose do sedimento, determinados conforme Suguio (1973) e expressos em "phi" em cada nível (superior,

médio e inferior) da região entremarés (uma amostra por nível). Utilizar as equações propostas por Folk & Ward (1957) (veja ANEXO 14-III).

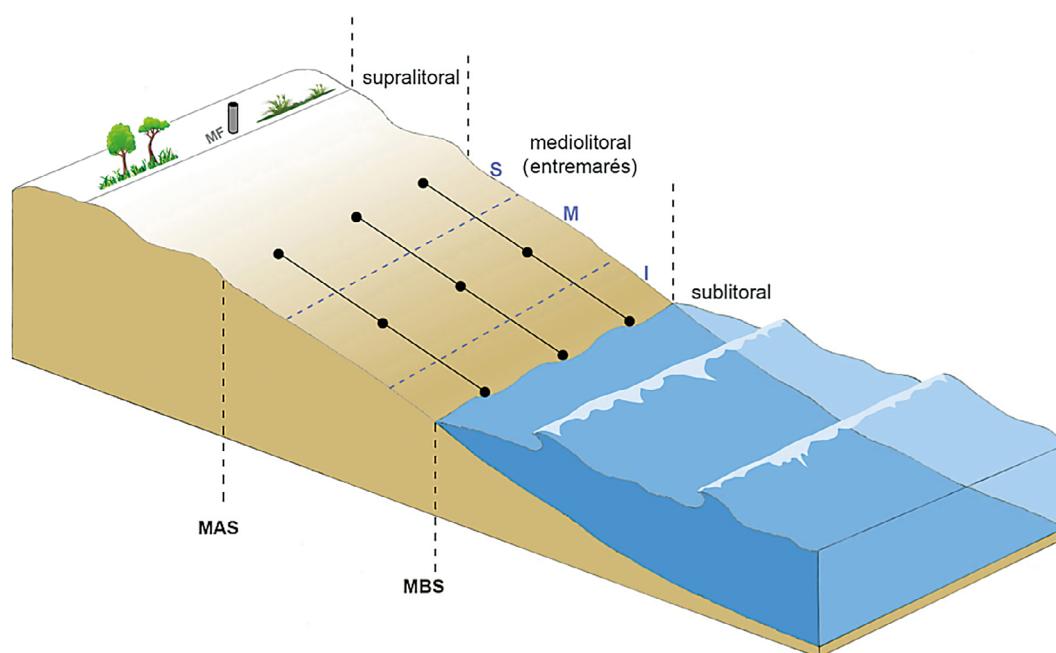



Figura 15-1. Desenho amostral para coleta da meiofauna bentônica nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I), da região entremarés. MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner

Procedimentos Laboratoriais

Após a coleta, as amostras devem ser fixadas com formaldeído 4% tamponado com bórax (proporção 9 partes de formaldeído para 1 de bórax).

As amostras serão lavadas previamente em peneiras sobrepostas, de 500 µm e 45 µm, para retirada total do formol. O material que ficar retido na malha de 45 µm deverá ser colocado num Becker de 1 L (o volume do sedimento não poderá ultrapassar 150 mL) e ser adicionado de 500 a 600 mL de solução de sílica coloidal de densidade 1,18 g/cm^3 para realização do processo de decantação. Após 40 minutos de decantação, o sobrenadante deve ser vertido na peneira de 45 µm e o procedimento deverá ser repetido, no mínimo, 3 vezes. Após a extração, as amostras serão triadas integralmente em placa quadriculada, e os grandes grupos, contabilizados.

Para os procedimentos descritos acima, incluindo a identificação dos principais grupos da meiofauna, recomenda-se a consulta de livros-texto, tais como Higgins & Thiel (1988) e Giere (2009).

Tratamento dos Dados

A riqueza, diversidade e densidade dos táxons numericamente abundantes serão calculados para cada ocasião amostral em todas as praias utilizadas no estudo. Para testar a influência das mudanças climáticas na meiofauna, testes uni e multivariados poderão ser utilizados, como ANOVAs e PERMANOVAs acompanhadas de nMDS (análise de escalonamento multidimensional não-métrico) para visualização gráfica. A normalidade e homogeneidade das variâncias para as análises de variância deverão ser previamente testadas, e transformações de dados deverão ser utilizadas caso necessário. Enquanto que a distância entre os centroides deve ser avaliada para as análises de permutação (PERMANOVA).

O modelo linear aplicado aos testes uni e multivariados deverá incluir os fatores praia (fixo), transecto (aninhado na praia), níveis (aninhados no transecto) e tempo (por exemplo, seco x chuvoso) para análise da influência das MCs ao longo do período de monitoramento.

AUTORES

Tatiana Fabricio Maria – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (autor para correspondência: tatiana_fabricio@yahoo.com.br)

Adriane Pereira Wandeness – Universidade Federal da Pernambco – UFPE

André Morgado Esteves – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Maikon Di Domenico – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Orane Falcão – Universidade Federal da Bahia - UFBA

Paulo Jorge Parreira dos Santos – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Verônica Fonseca Genevois – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (*in memorian*)

Virag Venekey – Universidade Federal do Pará – UFPA

Referências

Emery, K.O. 1961. "A Simple Method of Measuring Beach Profiles". *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.

Folk, R. L.; Ward, W. C. 1957. "Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters". *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.

Giere, O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. 2nd ed. Berlin Heidelberg: Springer, p. 527.

Gingold, R.; Moens, T.; Rocha-Olivares, A. 2013. "Assessing the response of nematode communities to climate change-driven warning: a microscosm experiment". *PLoS One* 8(6): e66653

Higgins, R.; Thiel, H. 1988. *Introduction to the study of meiofauna*. Washington D.C.: Smithsonian Instituition Press.

Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.

Remane, A. 1933. "Verteiling und Organisation der benthonischen Mikrofauna der Kieler Bucht. Wissebschaftliche Meeresuntersuchungen". *Abeteilung Kiel*, 21: 161-221.

Suguio, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Bluche/EDUSP, p. 321.

Wright, L.D.; Short, A.D.J. 1984. "Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis". *Marine Geology*, 56: 92-118.

Anexo 15-I. Formulário de Campo

	Formulário de Coleta e Monitoramento da Meiofauna

Praia: ____________________________ Município: __________________________ Estado: ________

Posição do Marco Fixo:

Latitude: ________°_________’ _________” S Longitude: ________°________’_________” W

Datum GPS: ____________________________

Data da coleta: ______________________ Hora inicial: ____________ Hora final:___________

Distância entre MF e linha de maré alta (m): ___________________

Larg. entremarés (m):_________ Distância entre os níveis: S/M ___________ M/I __________

Declividade entre pontos de observação (cm):____
____

Obs. climáticas: ____
____
____

Capítulo 16

MONITORAMENTO DO EFEITO DE EVENTOS EXTREMOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A MACROFAUNA BENTÔNICA DE PRAIAS ARENOSAS

Ilana Rosental Zalmon, Phillipe Mota Machado, Kalina Manabe Brauko, Guilherme Nascimento Corte, Antonia Cecilia Zacagnini Amaral

Foto: Phillipe Mota Machado

Introdução

Eventos extremos relacionados às mudanças climáticas (frentes frias ou sistemas frontais, tempestades, ressacas) promovem um maior hidrodinamismo, modificando o fluxo de erosão/deposição de sedimentos e, como consequência, alteram significativamente a morfodinâmica praial, modificando o perfil topográfico e o grau de seleção do sedimento arenoso. Essas alterações nas características ambientais, por sua vez, podem ocasionar efeitos diretos sobre a macrofauna bentônica, tal como o decréscimo da densidade, riqueza e diversidade de táxons (Taylor *et al.*, 1997; Solomon *et al.*, 2007).

Modelos de mudanças climáticas sugerem um aumento na frequência e intensidade desses eventos em um futuro próximo (IPCC, 2014), o que exige a implementação de estratégias que avaliem os processos de alteração de comunidades a curto e médio prazo. Embora o Brasil possua um dos litorais mais

extensos do mundo, poucos estudos avaliaram os efeitos de eventos extremos na costa brasileira (Sola & Paiva, 2001; Galluci & Netto, 2004; Brauko, 2008; Alves & Pezzuto, 2009). A escassez de estudos torna-se ainda mais preocupante ao considerarmos que a dinâmica praial da costa brasileira é frequentemente regulada por fenômenos associados à passagem de sistemas frontais (Calliari & Klein, 1993), e que a intensidade e a duração de eventos extremos é refletida na estrutura das associações bentônicas. Nesse sentido, é fundamental o entendimento dos efeitos de eventos climáticos extremos sobre as associações bentônicas de ecossistemas costeiros, auxiliando na previsão de alterações nas comunidades biológicas frente ao cenário de mudanças climáticas.

Objetivo

Determinar possíveis efeitos de perturbações físicas de curto prazo associadas a eventos extremos (frentes frias/ressacas/tempestades) na composição, distribuição e estrutura da comunidade bentônica de praias arenosas.

Métodos

As principais características de delineamentos experimentais específicos para a detecção de impactos foram descritas por Green (1979) e Underwood (1994, 2000). De acordo com os autores, em um delineamento ideal, deve haver dados anteriores e posteriores à perturbação a qual poderia causar impactos. Dessa maneira, a relação de causalidade é mais forte se o impacto for detectado após a perturbação que presumidamente o causou. Delineamentos ideais também incluem amostragens em áreas impactadas e não-impactadas, sendo que as últimas representam locais sujeitos a quaisquer outras influências e processos, exceto à perturbação particular que está sendo investigada (Underwood 2000).

Em diversas situações, a falta de preparo suficiente para uma amostragem emergencial antes de uma perturbação prevista, ou de recursos para obter a replicação espacial adequada, tornam inviável a aplicação de um delineamento ótimo. Nesses casos, recomendamos que um protocolo mínimo, abrangendo somente uma praia impactada pelo evento extremo, seja utilizado. A utilização desse protocolo fornece, ainda assim, estimativas suficientemente robustas para a descrição e avaliação dos efeitos de eventos extremos de mudanças climáticas sobre a macrofauna de praias. Contudo, caso haja possibilidade, recomendamos fortemente que as amostragens "antes" e "após" o evento considerado sejam replicadas em um maior número de praias. Isso permitirá que estimativas mais confiáveis das possíveis alterações e do tempo de retorno da estrutura da comunidade macrofaunal em função do evento extremo sejam obtidas. Nesse caso, recomendamos que duas (ou mais) equipes sejam mobilizadas para as amostragens, realizando as coletas simultaneamente em praias distintas.

Identificação dos Eventos Extremos

Os eventos extremos (ressacas) serão identificados por meio de monitoramento diário utilizando dados de altura de ondas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (http://www.cptec.inpe.br), que os disponibiliza com até cinco dias de antecedência. Para uma maior precisão, outros endereços eletrônicos de previsão de ondas deverão ser também utilizados quando forem específicos para a praia selecionada. Para os eventos de ressacas, serão consideradas as ondas fornecidas pelos modelos de previsão *online* superiores a, no mínimo, dois metros de altura.

Definição da Área de Estudo

As praias deverão estar localizadas em áreas sob o menor impacto antrópico possível, para que os efeitos deste não sejam confundidos com os dos eventos extremos a serem testados. É recomendável que a praia seja do tipo dissipativa a intermediária, tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Whright & Short (1984) para praias de micro e mesomarés, e Masselink & Short (1993) para praias

de macromarés. Essa escolha deve-se ao fato de que praias dissipativas abrigam maior biodiversidade e são mais suscetíveis aos possíveis efeitos das mudanças climáticas, como aumento do nível do mar e erosão decorrente de tempestades severas (Defeo *et al.* 2009).

Em cada praia deverá ser estabelecido um setor de 20 m de comprimento (paralelo à linha d'água) e de largura conforme a região entremarés (entre a linha da maré mais alta e o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia), onde ocorrerá a amostragem. É recomendável que esse setor se localize fora da área de influência de rios ou vertedouros d'água, para que seus efeitos (muitas vezes relacionados a atividades antrópicas, como descarga de poluentes) não se confundam com os oriundos do impacto de eventos extremos. Também recomenda-se que o setor seja visualmente homogêneo, em seu interior e nas proximidades, evitando a presença de bancos de areia, poças de marés, diferentes constituições sedimentares e/ou inclinação. Para que as variações na macrofauna sejam melhor acompanhadas, é necessário que o setor tenha sempre a mesma localização. Assim, deverá ser estabelecido um Marco Fixo (MF), georreferenciado, na região posterior às dunas, no início da vegetação arbustiva ou de alguma estrutura física pré-existente (estrada, calçada, muro, entre outras), que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem.

Amostragem

A coleta das amostras da macrofauna e o monitoramento dos parâmetros ambientais nas amostragens pré e pós-eventos será baseada na metodologia de Sola & Paiva (2001), Gallucci & Netto (2004), Cochôa *et al.* (2006), Brauko (2008) e Alves & Pezzuto (2009) e deverão seguir os procedimentos descritos abaixo.

A partir da previsão de um evento extremo, a amostragem na praia selecionada deverá ser realizada entre 2 e 4 dias antes da ocorrência do evento. Essa amostragem tem o propósito de caracterizar a estrutura e composição da comunidade bentônica antes do impacto. Terminado o evento – e certificando-se de que ele atingiu a área de estudo – duas amostragens deverão ser realizadas em intervalos de 3 a 5 dias e de 20 a 30 dias após o impacto, para que os efeitos desses eventos nas associações macrofaunais, bem como sua capacidade de resiliência em curta escala temporal, (até 1 mês) possam ser avaliados.

Em cada setor de amostragem, deverá ser medida (1) a distância entre o marco fixo e a linha da maré alta (linha de deixa mais evidente) e (2) a largura da praia desde o MF até o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia (a partir da diferença entre essas duas medidas, a largura da região entremarés também poderá ser aferida). Também deverá ser determinado o perfil praial, que poderá ser realizado da maneira mais conveniente (i.e., utilizando teodolito, nível de pedreiro, DGPS ou método de Emery). O método de balizas, proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II), é seguramente o de mais fácil aplicação e baixo custo. As medidas de perfil deverão ser tomadas em intervalos de 10 m a partir do marco fixo até a linha d'água no pico de maré baixa de sizígia, tomando-se a diferença em altura de um ponto em relação ao inferior, sucessivamente, até obter a altura total da praia (supralitoral + mediolitoral).

Nos setores de amostragem, três transectos perpendiculares devem ser estabelecidos a distâncias fixas de 10 m entre si, de modo que sua posição não seja alterada durante todo o estudo (Figura 16-1). Isso evita que a mudança no posicionamento constitua uma fonte adicional de variabilidade ao ambiente investigado. Em cada transecto devem ser amostrados sete pontos com duas réplicas cada (N total = 42), utilizando um amostrador cilíndrico de 20 cm de diâmetro, enterrado a 20 cm de profundidade. O volume de sedimento do interior do amostrador constitui uma amostra. A distância entre os pontos deve ser uniformemente espaçada na largura da região entremarés, devendo-se, para tal, dividir a largura total do setor de amostragem (largura da região entremarés) por seis. A distância entre as duas réplicas não deve ultrapassar 1 m. Esse procedimento permitirá não só a avaliação das alterações entre as diferentes faixas entremarés da praia, mas também entre as transecções (variabilidade "lateral" ou horizontal).

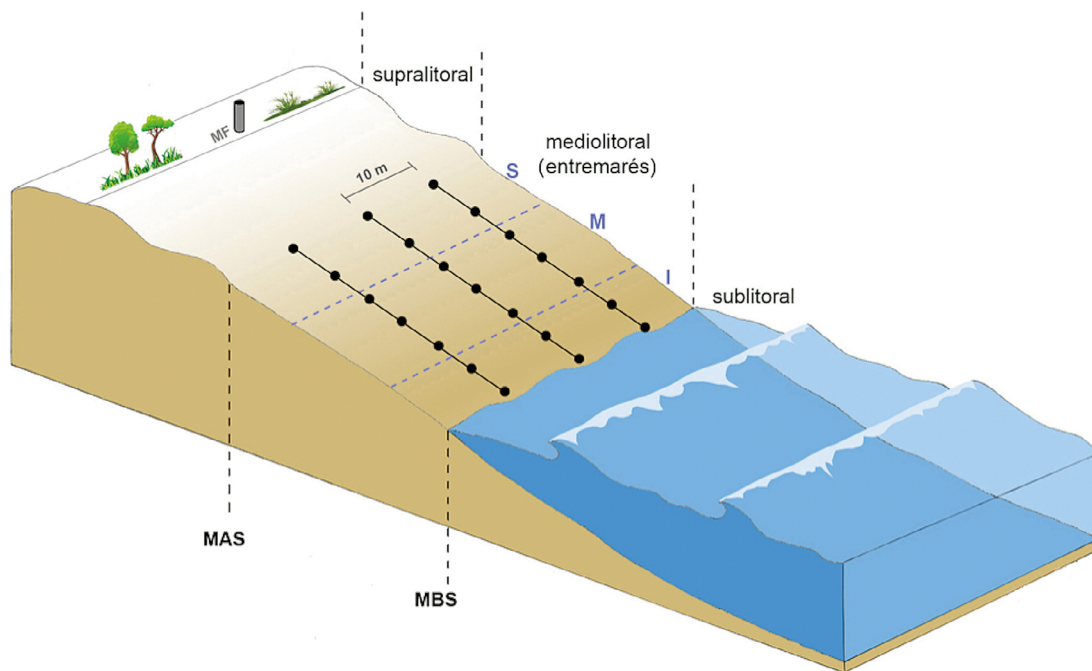



Figura 16-1. Desenho amostral para coleta da macrofauna bentônica entremarés nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I). Em cada ponto de coleta deverão ser obtidas duas réplicas. MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner

Além das amostras da macrofauna, deverá ser coletada uma amostra de sedimento na estação central de cada transecto (ponto de amostragem 3) para que análises granulométricas (diâmetro médio do grão, coeficiente de seleção, assimetria e curtose do sedimento) sejam realizadas (ver ANEXO 14-III). Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (http://www.cptec.inpe.br/);
- SIMCos (http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html);
- Climatempo (http://www.climatempo.com.br/).

Os dados abióticos deverão ser armazenados em planilha (Tabela 16-1).

Tabela 16-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somente os campos marcados em amarelo).

Praia:		Georreferenciamento (MF):						
Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	10		1					
	20		1					
	60		1	7				
	70		1	6				
	80		1	5				
	90		1	4				
	100		1	3				
	110		1	2				
	∞		1	1				
	10		2					
	20		2					
	60		2	7				
	70		2	6				
	80		2	5				
	90		2	4				
	100		2	3				
	110		2	2				
	∞		2	1				
	10		3					
	20		3					
	60		3	7				
	70		3	6				
	80		3	5				
	90		3	4				
	100		3	3				
	110		3	2				
	∞		3	1				

Procedimentos de Laboratório

Após a coleta, as amostras devem ser lavadas com água do mar, em malha de abertura 0,5 mm (adicionalmente poderá ser utilizada malha de 1 mm sobreposta à malha de 0,5 mm) e os organismos retidos nas peneiras devem ser fixados em álcool etílico 70%. Esse procedimento exige atenção para que os organismos não passem despercebidos. Cuidado especial deve ser dedicado para a retirada dos anelídeos poliquetas da malha da peneira, com pinça fina, pois esses animais são facilmente fragmentados durante esse processo.

Caso não seja possível realizar a triagem no dia da coleta, ou no máximo no dia seguinte, o sedimento de cada amostra deve ser mantido individualizado em sacos plásticos resistentes e fixado em formol a 10%. A seguir, as amostras devem ser acondicionadas em recipientes fechados para posterior triagem.

Em laboratório, os organismos devem ser identificados ao menor nível taxonômico possível, a partir de consulta à bibliografia recomendada (página 258), contados e conservados em álcool etílico 70%. Os dados devem ser registrados em planilhas contendo informações sobre a ocasião de coleta e o número de indivíduos de cada espécie presentes em cada amostra (Tabela 16-2). Os dados de macrofauna, bem como os abióticos, alimentarão o banco de dados da ReBentos, que disponibilizará as informações obtidas pela Rede como um todo (ver Capítulo 1).

Tabela 16-2. Planilha para registro dos dados da macrofauna

Praia: ______________________ Georreferenciamento (MF): ______________________

Data	Transecto	Nº da amostra	Sp. 1	Sp. 2	Sp. 3	Sp. 4
DD/MM/AA	T1	1				
DD/MM/AA	T1	2			1	
	T1	3				
	T1	4				2
	T1	5	1			
	T1	6			1	
	T1	7		3		
	T2	1				
	T2	2				

Tratamento dos Dados

De forma a facilitar as comparações entre as diferentes praias, os dados de densidade dos organismos deverão ser transformados em abundância por metro linear (AML, ind./m^1), multiplicando-se a densidade média "q" (expressa em ind./m^2) em cada nível amostral "i" de todas as amostras "m" pertencentes a transversal "r" (qm) pela largura correspondente da área amostrada "w" (= largura da faixa de distribuição dos organismos), conforme equação abaixo proposta por Brazeiro & Defeo (1996).

$$AML_r = \frac{\sum_{i=1}^{m} q_i}{m_r} w_r$$

A densidade total, riqueza, diversidade e densidade dos táxons numericamente abundantes serão calculados para cada ocasião amostral em todas as praias utilizadas no estudo. Para testar as diferenças nestes parâmetros entre amostragens "pré" e "pós" eventos extremos, testes uni e multivariados poderão ser utilizados, como testes *t*, ANOVAs e PERMANOVAs acompanhadas de nMDS (Análise de escalonamento multidimensional não-métrico) para visualização gráfica. A normalidade e homogeneidade das variâncias deverão ser previamente testadas e transformações de dados deverão ser utilizadas caso necessário.

O modelo linear aplicado aos testes uni e multivariados poderá sofrer variações conforme o número de eventos climáticos e praias amostradas em cada estudo, mas deverá incluir os fatores tempo (pré e pós), praia (número variável de níveis), transecto (fixo, com 3 níveis aninhados em praia), zona (fixo, com 7 níveis aninhados em transecto e praia) e ponto (aleatório, com 2 réplicas). Os dados relativos à caracterização ambiental das praias e das condições climáticas serão apresentados de forma descritiva, uma vez que a replicação espacial idêntica à da fauna exigida para análises correlativas é impraticável. Entretanto, análises de correspondência canônica (CCAs) poderão ser utilizadas para correlacionar os padrões de variabilidade macrofaunal às variáveis ambientais de maior replicação, caso necessário.

AUTORES

Ilana Rosental Zalmon – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF (autor para correspondência: ilana@uenf.br)

Antonia Cecilia Zacagnini Amaral – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Guilherme Nascimento Corte – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Kalina Manabe Brauko – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Phillipe Mota Machado – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF

Referências

Alves, E.S.; Pezzuto, P.R. 2009. "Effect of cold fronts on the benthic macrofauna of exposed sandy beaches with contrasting morphodynamics". *Brazilian Journal of Oceanography*, 57(2): 73-96.

Brauko, K.M. 2008. *Efeitos da passagem de sistemas frontais sobre a macrofauna bêntica de praias arenosas do Paraná*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 75.

Brazeiro, A.; Defeo, O. 1996. "Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments?" *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 523-536.

Calliari, L.J.; Klein, A.H. 1993. "Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS". *Pesquisas*, 20(1): 48-56.

Cochôa, A.R.; Lorenzi, L.; Borzone, C.A. 2006. "A influência da passagem de uma frente meteorológica na distribuição da macrofauna bentônica mesolitoral de uma praia arenosa exposta". *Tropical Oceanography*, 34(2): 59-71.

Defeo, O.; Mclachlan, A.; Schoeman, D.S.; Schlacher, T.; Dugan, J.; Jones, A.; Lastra, M.; Scapini, F. 2009. "Threats to sandy beach ecosystems: a review". *Estuarine Coastal and Shelf Science,* 81: 1-12.

Emery, K.O. 1961." Beach Profiling Reference: A simple method of measuring beach profiles". *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.

Gallucci, F.; Netto, S.A. 2004. "Effects of the passage of cold fronts over a coastal site: an ecosystem approach". *Marine Ecology Progress Series*, 281: 79-92.

Green, R.H. 1979. *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*. Chichester: John Wiley & Sons.

IPCC, Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Globaland Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* . Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p.1132.

Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.

Sola, M.C.R.; Paiva, P.C. 2001. "Variação temporal da macrofauna bentônica sublitoral da praia da Urca (RJ) após a ocorrência de ressacas". *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49(1-2): 137-142.

Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Alley, R.B.; Berntsen, T.; Bindoff, N.L.; Chen, Z.; Chidthaisong, A.; Gregory, J.M.; Hegerl, G.C.; Heimann, M.; Hewitson, B.; Hoskins, B.J.; Jouzel, J.; Kattsov, V.; Lohmann, U.; Matsuno, T.; Nicholls N.; Overpack, J.; Raga, G.; Ramaswamy, V.; Rusticucci, M.; Somerville, R.; Stocker, T.F.; Whetton, P.; Wood, R.A.; Wratt, D. 2007. Technical Summary. pp. 19–91. In: Solomon S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; M. Marquis; K.B. Averyt; M. Tignor & H.L. Miler (Eds), 2007. Climate Changes 2007: The Physical Science Basis. Contribution of *Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovern-mental Panel on Climate Change*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

Taylor, R.B.; Forbes, D.; Frobel, D.; Shaw, J.; Parkes, G. 1997. "Shoreline response to major storm events in Nova Scotia". pp. 253–267. In: Shaw, R.W. (Ed.) Environment Canada – Atlantic region, *Occasional Report No.9, Environment Canada, Sackville, N.B., Climate change and climate variability in Atlantic Canada*. Workshop Proceedings, Dec. 3–6, 1996.

Underwood, A.J. 1994. "On beyond BACI: Sampling desings that might reliably detect environmental disturbances". *Ecological Applications*, 4 (1): 4-15.

Underwood, A.J. 2000. Trying to detect impacts in marine habitats: comparisons withsuitable reference areas. In: *Statistics in Ecotoxicology* (Ed. T. Sparks), p. 279–308. Chichester: John Wiley & Sons.

Wright, L.D.; Short, A.D.J. 1984. "Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis". *Marine Geology*, 56: 92-118.

Anexo 16-I. Formulário de Campo

ReBentos Rede de Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros	**Formulário de Coleta e Monitoramento da Macrofauna Bentônica**

Praia: _________________________ Município:_______________________ Estado:______

Posição do Marco Fixo/ Georreferenciamento

Latitude:________°________’ ________”S Longitude: ________°________’_________” W

Data da coleta: ______________ Hora inicial: ____________ Hora final: ___________

Distância entre MF e linha de maré alta (m): _________________________________

Larg. entremarés (m): ____________________

Declividade entre pontos de observação (cm):____
____

Obs. climáticas: ____
____

Sedimento: T1 _________________ T2 __________________ T3 ___________________

Capítulo 17

MONITORAMENTO DE POPULAÇÕES DE *Scolelepis* (POLYCHAETA: SPIONIDAE)

Antonia Cecilia Zacagnini Amaral, Leonardo Querobim Yokoyama, Marcelo Borges Rocha, Guilherme Nascimento Corte

Foto: A. Cecilia Z. Amaral

Introdução

A classe Polychaeta é uma das principais representantes do macrobentos de praias de baixa energia e muitas de suas espécies são apontadas como indicadoras confiáveis da riqueza e de padrões na estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos (Giangrande *et al.*, 2005). Por possuir tanto espécies sensíveis quanto tolerantes às alterações ambientais, é considerada um excelente indicador de perturbação ambiental (Pocklington & Wells, 1992) e frequentemente utilizada em pesquisas de monitoramento costeiro, especialmente em habitats de fundo mole (Giangrande *et al.*, 2005).

A família Spionidae é uma das mais diversas dessa classe, sendo comumente encontrada em praias arenosas (Amaral *et al.*, 2003; Amaral & Nallin, 2011; Rocha, 2011). Algumas de suas espécies são consideradas bioindicadoras e possuem grande importância ecológica (Grassle & Grassle, 1974; Pearson & Rosenberg, 1978). Entre essas, destacam-se as espécies pertencentes ao gênero *Scolelepis* (Figura 17-1), abundantes em praias dissipativas e com potencial de serem efetivamente utilizadas na avaliação de impactos causados por mudanças climáticas globais. Para a costa brasileira são referidas, até o momento,

cinco espécies - *S. chilensis* Hartmann-Schröder, 1962; *S. squamata* Müller, 1806; *S. goodbodyi* Jones, 1962, *S. lighti* Delgado-Blas, 2006 e *S. gaucha* Orensanz-Gianuca, 1974 (ver ANEXO 16-I) – e, para algumas dessas espécies, já há informações sobre a dinâmica populacional: *S. gaucha* (Santos, 1991, 1994), *S. squamata* (Shimizu, 1997; Souza & Borzone, 2000; Leão *et al.*, 2012) e *S. goodbodyi* e *S. chilensis* (MacCord & Amaral, 2005, 2007).

Objetivo

Utilizar o monitoramento de longo prazo de dados populacionais de espionídeos do gênero *Scolelepis* para avaliar o efeito de possíveis alterações decorrentes de mudanças climáticas.

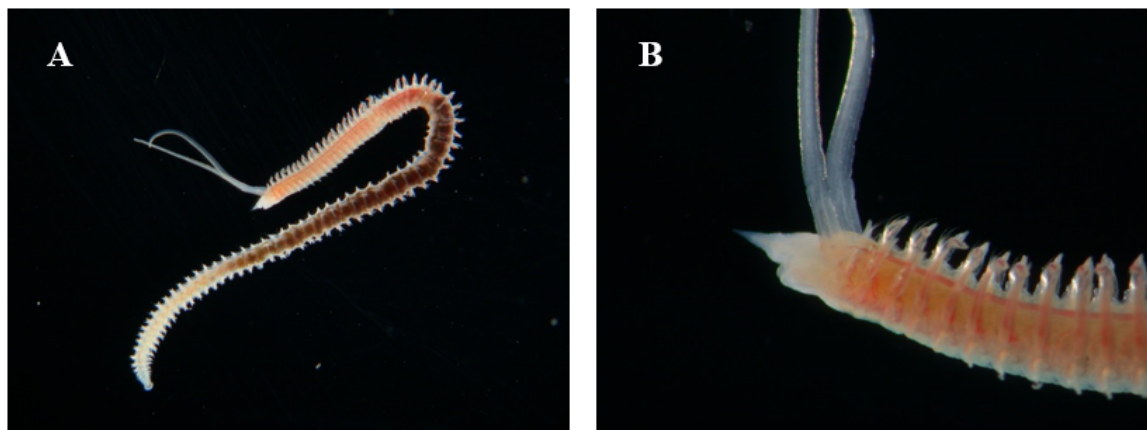



Figura 17-1. Aspecto geral (A) e detalhes da região anterior (B) de *Scolelepis*. Fotos de G.S.C. Monteiro.

Procedimentos

Definição da Área de Estudo

Em cada local de estudo deverá ser monitorada ao menos uma praia localizada em áreas sob o menor impacto antrópico possível para que os efeitos deste não sejam confundidos com aqueles das mudanças climáticas. As praias selecionadas para este monitoramento devem pertencer ao estado morfodinâmico dissipativo ou intermediário para dissipativo, uma vez que é nesse ambiente onde ocorrem os espionídeos.

Em cada praia deverá ser estabelecido um setor de 30 m de comprimento (paralelo à linha d'água) e de largura correspondente à da região entremarés (entre a linha da maré mais alta e o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia) onde ocorrerá a amostragem. É recomendável que esse setor se localize fora da área de influência de rios ou vertedouros d'água para que os efeitos destes (muitas vezes relacionados às atividades antrópicas, como descarga de poluentes) não se confundam com os oriundos das mudanças climáticas. Também recomenda-se que o setor seja visualmente homogêneo, em seu interior e nas proximidades, evitando a presença de bancos de areia, poças de marés, diferentes constituições sedimentares e/ou inclinação. Uma vez que o objetivo é monitorar as variações em parâmetros populacionais, é necessário que o setor tenha sempre a mesma localização. Para isso, deverá ser estabelecido um marco fixo (MF), georreferenciado, na região posterior às dunas, no início da vegetação arbustiva ou de alguma estrutura física já existente (estrada, calçada, muro, entre outras) que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem.

Amostragem

Após a determinação do setor de amostragem, deverá ser medida (1) a distância entre o marco fixo e a linha da maré alta (linha de deixa mais evidente) e (2) a largura da praia desde o MF até o limite inferior de recuo máximo das ondas no horário previsto para a maré mais baixa de sizígia (a partir da diferença dessas duas medidas a largura da região entremarés também poderá ser aferida). O perfil praial também deverá ser determinado, e poderá ser realizado da maneira mais conveniente (i.e., utilizando teodolito, nível de pedreiro, DGPS ou método de Emery). O método de balizas proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II) é seguramente o de mais fácil aplicação e baixo custo. As medidas de perfil deverão ser tomadas em intervalos de 10 m a partir do MF até a linha d'água no pico de maré baixa de sizígia, tomando-se a diferença em altura de um ponto em relação ao inferior, sucessivamente, até obter a altura total da praia (supralitoral + mediolitoral).

A coleta deverá ocorrer semestralmente, no final do verão (fevereiro-março) e final do inverno (agosto-setembro) durante marés baixas de sizígia. Dez transectos perpendiculares à linha d'água devem ser estabelecidos no setor de amostragem, entre as linhas máxima e mínima da maré de sizígia. Um espaçamento de 3 m entre os transectos é recomendado para que a amostragem em um transecto não interfira nos transectos vizinhos (Figura 17-2). Em cada coleta, as amostras devem ser obtidas, no mínimo, em três transectos, sorteados aleatoriamente entre os dez demarcados. Ao longo dos transectos, a amostragem deve ser do tipo sistemática, com tomada de amostras em dez pontos equidistantes. A determinação da distância entre pontos será feita a cada coleta, devendo-se para tal dividir a largura total do setor de amostragem (largura da região entremarés) por nove. O primeiro ponto de coleta deverá estar situado na linha d'água e o último no ponto máximo atingido pela maré alta de sizígia. Devido ao pequeno tamanho corporal, as amostras podem ser retiradas com um amostrador de 10 cm de diâmetro (0,008 m^2) enterrado até 20 cm de profundidade. O volume do interior do amostrador constitui uma amostra.

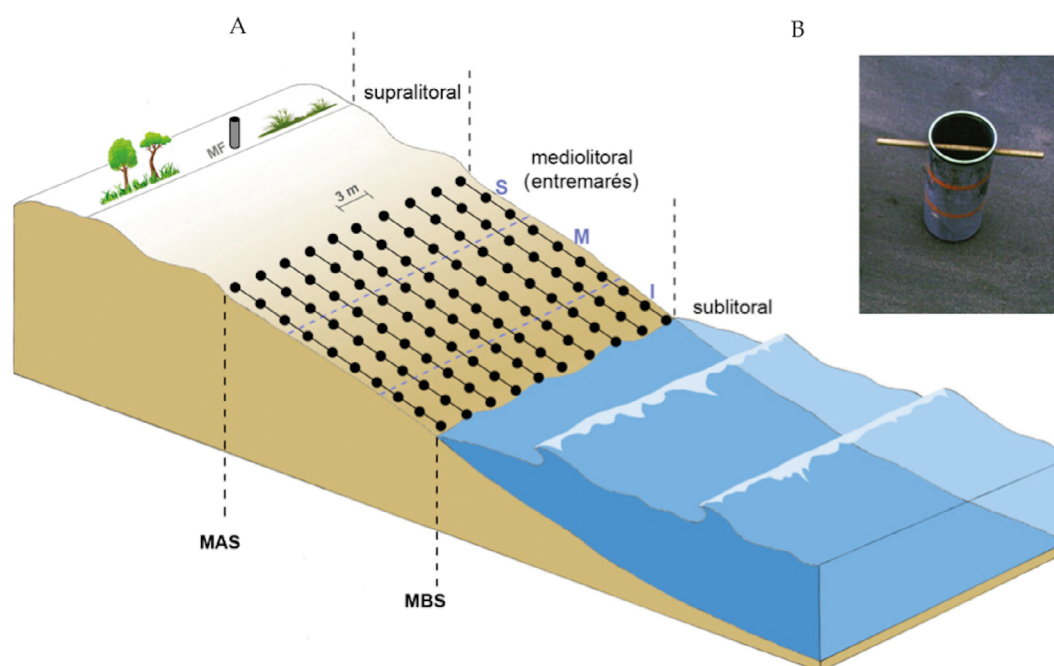



Figura 17-2. A- Desenho amostral para coleta de *Scolelepis* nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I), da região entremarés; B- Amostrador (10 cm de diâmetro). MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner

Além das amostras de *Scolelepis*, deverá ser coletada uma amostra de sedimento na estação central de cada transecto (ponto de amostragem 5) para que análises granulométricas (diâmetro médio do grão, coeficiente de seleção, assimetria e curtose do sedimento) sejam realizadas (ANEXO 14-III). Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (http://www.cptec.inpe.br);
- SIMCos (http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html);
- Climatempo (http://www.climatempo.com.br).

Os dados abióticos devem ser armazenados em planilha (Tabela 17-1).

Tabela 17-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somente campos em amarelo).

Praia:			Georreferenciamento (MF):					
Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	10		1					
	20		1					
	30		1	10				
	40		1	9				
	50		1	8				
	60		1	7				
	70		1	6				
	80		1	5				
	90		1	4				
	100		1	3				
	110		1	2				
	∞		1	1				
	10		2					
	20		2					
	30		2	10				
	40		2	9				
	50		2	8				
	60		2	7				
	70		2	6				
	80		2	5				
	90		2	4				
	100		2	3				
	110		2	2				
	∞		2	1				
	10		3					
	20		3					
	30		3	10				
	40		3	9				
	50		3	8				
	60		3	7				
	70		3	6				
	80		3	5				
	90		3	4				
	100		3	3				
	110		3	2				
	∞		3	1				

Procedimentos de Laboratório

Após a coleta, as amostras devem ser triadas com água do mar em malha de abertura 0,5 mm e os Scolelepis retidos devem ser retirados cuidadosamente da malha. Esse procedimento exige atenção para que os organismos não passem despercebidos. Cuidado especial deve ser dedicado para a retirada dos vermes da malha da peneira, pois esses animais são facilmente fragmentados durante o processo. Recomenda-se o uso de pinça tipo relojoeiro. Os indivíduos coletados durante essa triagem devem ser anestesiados com cloreto de magnésio 7%, contados e fixados em álcool 70%. Os dados serão registrados em planilhas específicas, contendo informações sobre a ocasião de coleta e o número de indivíduos presentes em cada amostra (Tabela 17-2).

Caso não seja possível realizar a triagem no dia da coleta (ou no máximo no dia seguinte), o sedimento de cada amostra deve ser mantido individualizado em sacos plásticos resistentes e fixado em formol a 10%. A seguir, as amostras devem ser acondicionadas em recipientes fechados para posterior triagem.

Para análises de tamanho dos indivíduos de *Scolelepis*, o maior diâmetro (mm) do 3º segmento (D3 – Figura 17-3) de cada indivíduo deverá ser medido com auxílio de um microscópio estereoscópico com ocular graduada e utilizado como estimativa de tamanho, uma vez que poliquetas, de modo geral, fragmentam-se com facilidade (MacCord & Amaral, 2005). Quando possível, medir o comprimento total.

Tabela 17-2. Planilha para registro dos dados de *Scolelepis*.

Praia: ________		Coords (MF): ________	
Data	**Transecto**	**Amostra**	***Scolelepis***
verão/2013	T1	1	0
verão/2013	T1	2	0
verão/2013	T1	3	1
verão/2013	T1	4	2
verão/2013	T1	5	5
verão/2013	T1	6	0
verão/2013	T1	7	1
verão/2013	T1	8	1
verão/2013	T1	9	0
verão/2013	T1	10	0
verão/2013	T2	1	
verão/2013	T2	2	

Figura 17-3. Exemplar de *Scolelepis*, no qual é identificado o 3º segmento (D3), cujo diâmetro deverá ser medido para as análises de tamanho dos indivíduos.

Tratamento dos Dados

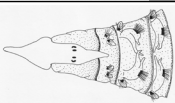
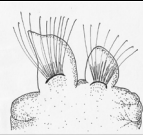
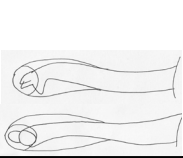
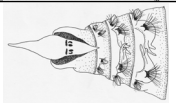
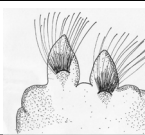
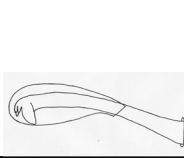
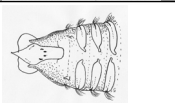
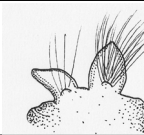
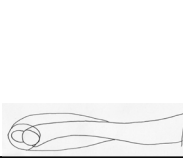
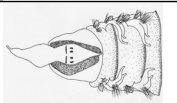
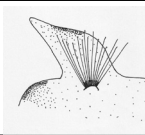
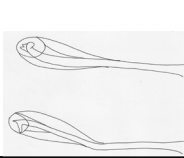
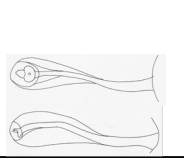
Para cada amostra deverá ser calculada a densidade, expressa em número de indivíduos por metro quadrado. De forma a facilitar as comparações entre as diferentes praias, os dados de densidade dos organismos serão transformados em abundância por metro linear (AML, ind./m^1), multiplicando-se a densidade média "*q*" (expressa em ind./m^2) em cada nível amostral "*i*" de todas as amostras "m" pertencentes a transversal "*r*" (q_m) pela largura correspondente da área amostrada "*w*" (= largura da faixa de distribuição dos organismos), conforme equação abaixo proposta por Brazeiro & Defeo (1996).

$$AML_r = \frac{\sum_{i=1}^{m} q_i}{m_r} w_r$$

AUTORES

Antonia Cecilia Zacagnini Amaral – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (autor para correspondência: ceamaral@unicamp.br)

Guilherme Nascimento Corte – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Leonardo Querobim Yokoyama – Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

Marcelo Borges Rocha – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Referências

Amaral, A.C.Z.; Nallin, S.A.H. 2011. *Biodiversidade e Ecossistemas Bentônicos Marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil*. 1. ed. Campinas (SP): UNICAMP/IB Disponível em:<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000812694&opt=1>, p. 573.

Amaral, A.C.Z.; Denadai, M.R.; Turra, A.; Rizzo, A.E. 2003. "Intertidal macrofauna in Brazilian subtropical sandy beaches landscape". *Journal of Coastal Research*, 35: 446-455.

Brazeiro, A.; Defeo, O. 1996. "Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments?" *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 523-536.

Emery, K.O. 1961. "A simple method of measuring beach profiles". *Limnology and Oceanography,* 6: 90-93.

Giangrande, A.; Licciano, M.; Musco, L. 2005. "Polychaetes as environmental indicators revisited". *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1153-1162.

Grassle, J.F.; Grassle, J.G. 1974. "Opportunistic life histories and genetic systems in marine benthic polychaetes". *Journal of Marine Research*, 32: 253-284.

Leão, L.S.D.; Soares-Gomes, A.; Costa, T.; Santos, C.S.G. 2012. "Population dynamics and reproductive strategy of *Scolelepis goodbodyi* (Polychaeta: Spionidae) in a subtropical atlantic beach". *Zoologia*, 29: 195-202.

Maccord, F.S.; Amaral, A.C.Z. 2005. "Morphometric analyses of two species of Scolelepis (Polychaeta; Spionidae)". *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85: 829-831.

Maccord, F.S.; Amaral, A.C.Z. 2007. "The reproductive cycle of *Scolelepis goodbodyi* (Polychaeta, Spionidae)". *Marine Biology*, 151: 1009-1020.

Pearson, T.H.; Rosenberg, R. 1978. "Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment". *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 16: 229-311.

Pocklington, P.; Wells, P.G. 1992. "Polychaetes: key taxa for marine environmental quality monitoring". *Marine Pollution Bulletin*, 24: 593-598.

Rocha, MB. 2011. *Taxonomia do gênero Scolelepis (Annelida: Polychaeta: Spionidae) em praias da costa brasileira através de abordagens morfológicas, morfométricas e moleculares*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Santos, P.J.P. 1991. "Morphodynamical influence of a temporary freshwater stream on the population dynamics of *Scolelepis gaucha* (Polychaeta: Spionidae) on a sandy beach in Southern Brazil". *Bulletin of Marine Science*, 48: 657-664.

Santos, P.J.P. 1994. "Population dynamics and production of Scolelepis gaucha (Polychaeta: Spionidae) on the sandy beaches of Southern Brazil". *Marine Ecology Progress Series*, 110: 159-165.

Shimizu, R.M. 1997. *Ecologia populacional de Scolelepis squamata (Muller, 1806) (Polychaeta: Spionidae) e Callichirus major (Say, 1818) (Crustacea: Decapoda: Thalassinidae) da Praia de Barequeçaba (São Sebastião, SP)*. Tese de Doutorado. Departamento de Ecologia Geral, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

Souza, J.R.B.; Borzone, C.A. 2000. "Population dynamics and secondary production of *Scolelepis squamata* (Polychaeta: Spionidae) in an exposed sandy beach, Southern Brazil". *Bulletin of Marine Science*, 67: 221-233.

Anexo 17-I. Caracterização das Espécies de *Scolelepis* Mais Comuns em Praias, conforme Rocha (2011)

Espécies	Olhos	Prostômio	Peristomio	Brânquias	Primeiro setígero	Lamela neuropodial	Ganchos neuropodiais	Ganchos notopodiais	Região anterior	1º setígero	Ganchos neuropodiais
Scolelepis goodbodyi (Jones, 1962)	Dois pares em linha transversal, par central arredondado e lateral reniforme. Sem pigmentação acima dos	Agudo na extremidade e posteriormente triangular. Estende-se até o 1º setígero	Longo com pequenas asas laterais	Parcialmente fundidas (1/2) a lamela notopodial até o setígero 22, depois com 1/3 de fusão	Bem desenvolvido com lamela notopodial triangular e neuropodial arredondada com notocerda	Subtriangular na região anterior, retangular entre os setígeros 16 e 26, tornando-se depois triangular	Presente a partir do setígero 24, com um ou dois dentes acima do dente principal	Ausente			
Scolelepis chilensis (Hartmann-Schröder, 1962)	Dois pares em linha transversal, par central arredondado e lateral reniforme, com pigmentação acima dos	Inflado próximo da base e alongado se estendendo até o 2º setígero	Longo com pequenas asas laterais	Parcialmente fundidas (1/2) a lamela notopodial até o setígero 22, depois com 1/3 de fusão	Pouco desenvolvido com lamela notopodial arredondada e neuropodial triangular com notocerda	Arredondada na região anterior e alongada após o setígero 21	Presente a partir do setígero 25, com dois ou três dentes acima do dente principal	Presente			
Scolelepis gaucha Orensanz-Gianuca, 1974	Dois pares dispostos em forma subtrapezoidal sem pigmentação acima dos olhos	Bastante agudo em formato triangular, se estendendo até o 1º setígero	Longo com pequenas asas laterais	Independentes dos lóbulos pós-setais notopodiais	Pouco desenvolvido com lamela notopodial triangular e neuropodial subtriangular com notocerda	Lamela pós-setal bem desenvolvida e sem lamela pré-setal	Presente a partir dos setígeros 27-31, com um dente acima do dente principal	Ausente			
Scolelepis lighti Delgado-Blas, 2006	Dois pares em linha transversal, par central arredondado e lateral reniforme, com pigmentação acima dos	Cônico e afilado na extremidade e depois se torna triangular se estendendo até o 2º	Longo com asas laterais bem desenvolvidas	Parcialmente fundida (2/3) a lamela notopodial até o setígero 24 e depois com 1/3 de fusão	Bem desenvolvido com lamela notopodial triangular e neuropodial subtriangular com notocerda	Oval nos setígeros 2 e 3, arredondada do 4 ao 24 e com reentrância a partir do 25	Presente a partir do setígero 28, com um ou dois dentes acima do dente principal	Ausente			
Scolelepis squamata (Müller, 1806)	Dois pares em linha transversal, par central arredondado e lateral reniforme, sem pigmentação acima dos	Triangular e se estende até o 2º setígero	Longo com pequenas asas laterais	Parcialmente fundida (2/3) a lamela notopodial até o setígero 17 e depois com 1/3 de fusão	Bem desenvolvido com lamela notopodial oval e neurorpodial arredondada com notocerda	Arredondada na região anterior, reentrância a partir do 22 e bilobada a partir do 40	Presente a partir do setígero 25 com um, dois ou três dentes acima do dente principal	Ausente			

ANEXO 17-II. FORMULÁRIO DE CAMPO

Formulário de Coleta e Monitoramento de Populações de Scolelepis

Praia: ______________________ Município:_____________________ Estado:_______

Posição do Marco Fixo/ Georreferenciamento

Latitude:_______°________’ ________”S Longitude: _______°________’ ________” W

Data da coleta: _________________ Hora inicial: __________ Hora final: _________

Distância entre MF e linha de maré alta (m): ____________________

Larg. entremarés (m): ___________________

Declividade entre pontos de observação (cm): ____
____

Obs. climáticas: ____
____

Sedimento: T1 __________________ T2___________________ T3__________________

Capítulo 18

MONITORAMENTO DE POPULAÇÕES DE TALITRIDAE (CRUSTACEA: AMPHIPODA)

Valéria Veloso, Ricardo Silva Cardoso, Cristiana Silveira Serejo

Foto: Ricardo S. Cardoso

Introdução

A família Talitridae é o único grupo de crustáceos da ordem Amphipoda que colonizou o ambiente terrestre (Serejo, 2004) estando presente em diversos ecossistemas costeiros, como manguezais, estuários, praias e também em ambientes de água doce (próximos da costa) e florestas (Boustfied, 1982, 1984). Em praias arenosas, podem ocorrer num largo espectro morfodinâmico, incluindo praias protegidas e expostas, do tipo dissipativa à refletiva, entre a região do supralitoral e mediolitoral inferior. Sua relevância ecológica está relacionada à colonização e consumo do material arribado fresco, desempenhando assim um importante papel na ciclagem da matéria e energia no ecossistema de praia (Colombini *et al.*, 2000; Dugan *et al.*, 2003; Lastra *et al.*, 2008).

Algumas características biológicas, como baixa tolerância a imersão, sensibilidade a dessecação e às atividades de recreação, turismo e urbanização da orla, tornam os talitrídeos interessantes para o monitoramento de mudanças ambientais, tanto de origem humana quanto natural (Moore & Francis, 1985;

Fallaci, *et al.*, 1999). Assim, esses anfípodas têm sido apontados como bons indicadores de impactos, chegando inclusive a desaparecer de áreas impactadas (Weslawski *et al.*, 2000; Nardi *et al.*, 2003; Ugolini *et al.*, 2004; Fanini *et al.*, 2005; Veloso *et al.*, 2008; 2009).

No Brasil, os estudos ecológicos sobre a família Talitridae ainda são escassos, sendo *Atlantorchestoidea brasiliensis* (Dana, 1853) a espécie mais conhecida (Cardoso & Veloso, 1996; 2001; Cardoso, 2002; Defeo & Gomez, 2005, Veloso *et al.*, 2009). Essa espécie é encontrada em praias dissipativas, entretanto, é abundante e frequente em praias expostas refletivas e intermediárias com ocorrência registrada nos estados do Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (Serejo, 2004), chegando até o Uruguai. Nesses tipos morfodinâmicos de praias costuma ocorrer baixa quantidade de detritos vegetais na linha de deixa, onde geralmente são encontrados apenas fragmentos de algas. A maior parte do material detrítico é composta de restos de animais mortos tanto de origem marinha (*Emerita brasiliensis* Scmitt, 1935, *Donax hanleyanus* Philippi, 1847), como terrestre (insetos) (Figura 18-1). Esses detritos servem de recursos energéticos para os indivíduos juvenis, que se mantêm forrageando na superfície do sedimento ao longo de todo o dia em função do seu acelerado metabolismo. Os indivíduos adultos tendem a ficar enterrados em suas tocas durante o dia, evitando a dessecação, predação e serem levados pela subida da maré (Cardoso, 2002).

Figura 18-1. Talitridae (A). Marcas de sua presença (B); sobre detritos de animais mortos (C). Fotos: (A) L.A. Colling; (B) e (C) Valéria Veloso.

Outra espécie, *Talorchestia tucurauna* (Müller, 1864) tem sido recentemente estudada (Aluizio, 2007; Capper, 2011) e sua distribuição e abundância foram associadas aos aglomerados de algas arribadas na praia (Figura 18-2). A distribuição dessa espécie se estende desde o litoral do estado de Santa Catarina até o Rio Grande do Norte, incluindo o Atol das Rocas (Serejo, 2004).

Figura 18-2. *Talorchestia tucurauna* sob detrito vegetal arribado. Fotos: Valéria Veloso.

As características morfodinâmicas das praias onde foram realizados estudos de distribuição e ciclo de vida dessa espécie são do tipo dissipativo, de declive suave e granulometria fina com elevado aporte de algas arribadas. *Talorchestia tucurauna* apresenta um comportamento semelhante às demais espécies presentes em regiões temperadas e subtropicais como *Talitrus saltador* (Montagu, 1808), *Bollorchestia quoyana* (Milne-Edwards, 1840) e *Orchestoidea tuberculata* Nicolet, 1849 (Mardsen, 1991; Scapini *et al.*, 1992; Duarte *et al.*, 2010) que utilizam as algas arribadas como abrigo e alimento. Geralmente, as espécies associadas ao detrito vegetal estão localizadas na região superior do entremarés e no supralitoral, formando densas agregações embaixo das manchas de algas. Contudo, a maioria das espécies migra verticalmente ao longo da praia à procura de alimento (Fallaci *et al.*, 1999, Dugan *et al.*, 2003) e, dependendo das condições climáticas, podem se deslocar para a região de dunas.

Platorchestia monodi (Mateus *et al.*, 1986), outra espécie comum em praias protegidas de baías e estuários, também é encontrada sob detritos vegetais. O hábito dessa espécie parece ser mais terrestre, uma vez que sua distribuição está relacionada às plantas de restinga, manguezal e folhas de amendoeiras (Figura 18-3). Todavia, ainda há pouca informação sobre a biologia e ecologia dessa espécie.

Figura 18-3. Material arribado de origem terrestre. Fotos: Valéria Veloso.

Padronizar uma metodologia amostral não é uma tarefa fácil quando as espécies apresentam comportamentos tão distintos. A carência de informação sobre a família nas praias das regiões Norte e Nordeste do Brasil dificulta o planejamento amostral. Nessas regiões é muito provável que haja espécies ainda não descritas. Assim, tornam-se prioritárias amostragens prévias para identificação da espécie (ANEXO 18-I) e estudo da sua distribuição, antes de se adotar uma metodologia para monitoramento de longa duração, que vise estudar variações da densidade populacional em consequência de mudanças climáticas.

Objetivo

Estabelecer monitoramento de longa duração de populações de anfípodas Talitridae de forma a avaliar possíveis alterações decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas.

Métodos

Definição da Área de Estudo

O local de estudo, sempre que possível, deve estar localizado em áreas sob o menor impacto antrópico, como a presença de calçadões, iluminação noturna e limpeza mecânica, evitando também áreas de aglomerações de banhistas. Preferencialmente, a praia deve ser do tipo dissipativa a intermediária, tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Wright & Short (1984) para praias de micro e mesomarés, e Masselink & Short (1993) para praias de macromarés. Nesse tipo morfodinâmico de praia pode ocorrer mais de uma espécie da família Talitridae quando comparado às praias refletivas. No entanto, a escolha da praia dependerá da espécie-alvo a ser monitorada. Como exemplo, a espécie *Atlantorchestoidea brasiliensis* é a mais abundante em praias refletivas.

Amostragem

Em cada praia será estabelecido um marco fixo (MF), georreferenciado, que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem. Para a medição do perfil praial recomenda-se o método de baliza proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II). Além do perfil, também deverá ser medida a distância entre a linha da maré alta e o MF. A coleta dos anfípodas ocorrerá semestralmente, no final do verão (fevereiro ou março) e no final do inverno (agosto ou setembro), durante as marés de sizígia, evitando-se condições climáticas adversas (chuvas intensas, ressacas do mar e ventos fortes).

A espécie a ser monitorada está relacionada ao tipo morfodinâmico e à qualidade e quantidade de material arribado. No caso da praia ser a mesma selecionada para o monitoramento de toda a macrofauna, a metodologia de transectos perpendiculares à linha d'água poderá ser a mesma (ver Capítulo 14). Contudo, é de extrema relevância que as amostras também sejam retiradas na linha de acúmulo de detritos, incluindo os agregados de algas.

Como sugerido para a comunidade da macrofauna, serão estabelecidos em cada praia 10 transectos perpendiculares à linha d'água, que se estenderão no entremarés (mediolitoral) entre as linhas máxima e mínima da maré de sizígia e espaçados 3 m entre si. As amostras serão coletadas somente em três transectos, sorteados aleatoriamente, no momento da amostragem (Figura 18-4).

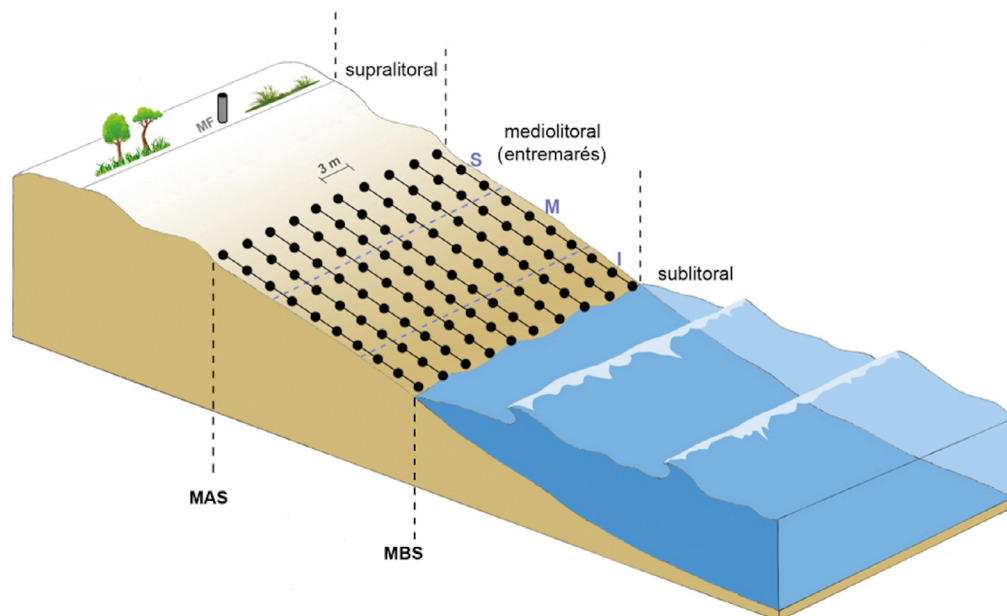



Figura 18-4. Desenho amostral em transectos para coleta nos níveis superior (S), médio (M) e inferior (I) da região entremarés. MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, MF: Marco fixo. Esquema: Tatiana M. Steiner.

Ao longo dos transectos, a amostragem será do tipo sistemático, com coleta de uma amostra em dez pontos equidistantes. A determinação da distância entre pontos será feita a cada amostragem, devendo-se para tal medir o comprimento total do entremarés desde a linha de deixa, onde ocorre o acúmulo de detritos, até a linha d'água durante seu máximo recuo e dividir essa distância por nove (Figura 18-4). As amostras de anfípodas deverão ser coletadas utilizando-se um amostrador cilíndrico com 20 cm de diâmetro (0,031 m^2) e enterrado em até 15 cm de profundidade. Se o amostrador for aberto na parte superior, este deve ser fechado com tela ou saco plástico de forma a evitar a fuga dos organismos. A retirada da amostra deve ser realizada com cautela, posicionando um saco plástico contendo etiqueta para identificação da amostra na extremidade inferior do amostrador. Não existe a necessidade de fixação imediata das amostras em campo; estas poderão ser fixadas em laboratório com álcool 70%. Após fixação, recomenda-se a utilização de peneiras com malha de 0,5 mm para a lavagem das amostras no laboratório e retirada dos indivíduos, seguida de nova fixação em álcool 70%. A fixação prévia à triagem é importante para evitar possíveis fugas dos anfípodes. Essa estratégia amostral é adequada também para espécies de praias refletivas com pouco detrito, como é o caso de *Atlantorchestoidea brasiliensis*.

Espécies muito associadas aos agregados de algas e que dificilmente são encontradas perto da zona de espraiamento (entremarés), podem ser amostradas utilizando a metodologia dos transectos, porém com um número menor de níveis. Caso seja verificada em campo ausência de exemplares em dois níveis consecutivos do transecto, a amostragem poderá ser interrompida, diminuindo assim o esforço de coleta no campo. A verificação pode ser realizada com a lavagem das amostras *in situ*. Em caso de dúvida os níveis devem ser amostrados até a linha d'água.

Amostragem em transectos em toda a região do mediolitoral é mais adequada, principalmente quando não se conhece o comportamento da espécie-alvo do monitoramento. Além disso, esse método permite também utilizar a estimativa de abundância em metro linear (ver Capítulo 14), possibilitando a comparação entre diferentes tipos de praias.

Dados da composição e biomassa do detrito vegetal também poderão ser obtidos, uma vez que esses fatores influenciam as populações dos talitrídeos. Após a separação e identificação do detrito, a biomassa pode ser obtida através do peso seco a 60°C em estufa por 24 horas e pesados em balança com precisão de 0,001 g.

Além das amostras da macrofauna, deverá ser coletada uma amostra de sedimento na estação central de cada transecto (ponto de amostragem 5) para análises granulométricas (diâmetro médio do grão, coeficiente de seleção, assimetria e curtose do sedimento - ver ANEXO 14-III). Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (http://www.cptec.inpe.br/);
- SIMCos (http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html);
- Climatempo (http://www.climatempo.com.br/).

Os dados abióticos deverão ser armazenados em planilha, conforme Tabela 18-1, e os dados de densidade de organismos/nível em cada transecto como no exemplo da Tabela 18-2.

Tabela 18-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somento os campos em amarelo)

Praia: ____________________ Georreferenciamento (MF): ____________________

Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	10		1					
	20		1					
	30		1	10				
	40		1	9				
	50		1	8				
	60		1	7				
	70		1	6				
	80		1	5				
	90		1	4				
	100		1	3				
	110		1	2				
	∞		1	1				
	10		2					
	20		2					
	30		2	10				
	40		2	9				
	50		2	8				
	60		2	7				
	70		2	6				
	80		2	5				
	90		2	4				
	100		2	3				
	110		2	2				
	∞		2	1				
	10		3					
	20		3					
	30		3	10				
	40		3	9				
	50		3	8				
	60		3	7				
	70		3	6				
	80		3	5				
	90		3	4				
	100		3	3				
	110		3	2				
	∞		3	1				

Tabela 18-2. Densidades de organismos por nível em cada transecto (T1-3)

Praia: ____________________ Coords (MF): ____________________

Data	Transecto	Amostra	Talitridae		
			Espécie________________	Espécie________________	Espécie________________
verão/2013	T1	1			
verão/2013	T1	2			
verão/2013	T1	3			
verão/2013	T1	4			
verão/2013	T1	5			
verão/2013	T1	6			
verão/2013	T1	7			
verão/2013	T1	8			
verão/2013	T1	9			
verão/2013	T1	10			
verão/2013	T2	1			
verão/2013	T2	2			

AUTORES

Ricardo Silva Cardoso – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (autor para correspondência: rcardoso@unirio.br)

Cristiana Silveira Serejo – Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro – MN/UFRJ

Valéria Veloso – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (*in memorian*)

Referências

Aluízio, R. 2007. *Análise comparativa da fauna associada às linhas de detritos em duas praias estuarinas da Ilha do Mel (Paraná-Brasil)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, p. 59.

Bousfield, E.L. 1982. "The amphipod superfamily Talitroidea in the northeastern Pacific region: 3. Family Talitridae. Systematics and distributional ecology". *Publications in Biological Oceanography*, 11: 1-73.

Bousfield, E.L. 1984. "Recent advances in the systematics and biogeography of landhoopers (*Amphipoda*: Talitridae) of the Indo-Pacific region. p. 171-210. In: F.J. Radovsky, P.H. Raven & S.H. Sohmer (Eds.) *Biogeography of the tropical Pacific*. Bishop Museum Special Publication, 72.

Capper, L.A. 2011. *Dinâmica Populacional de Talorchestia tucurauna (Muller, 1864)(Amphipoda: Talitridae) na praia Rasa-Município de Armação dos Búzios, RJ*. Dissertação de Mestrado. Universidade Santa Úrsula. p. 76.

Cardoso, R.S. 2002. "Behavioural strategies and surface activity of the sandhopper *Pseudorchestoidea brasiliensis* (*Amphipoda*: Talitridae) on a Brazilian beach". *Marine Biology*, 141: 167-173.

Cardoso, R.S.; Veloso, V.G. 1996. "Population biology and secondary production of sandhopper Pseudorchestoidea brasiliensis (Amphipoda: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil". *Marine Ecology Progress Series*, 142: 111-119.

Cardoso, R.S.; Veloso, V.G. 2001. "Embryonic development and reproductive strategy of *Pseudorchestoidea brasiliensis* (*Amphipoda*: Talitridae) at Prainha Beach, Brazil". *Journal of Natural History*, 35: 201-211.

Colombini, I.; Aloia, A.; Fallaci, M.; Pezzoli, G.; Chelazzi, L. 2000. "Temporal and spatial use of stranded wrack by the macrofauna of a tropical sandy beach". *Marine Biology*, 136: 531–541.

Defeo, O.; Gómez, J. 2005. "Morphodynamics and habitat safety in sandy beaches: life-history adaptations in a supralittoral amphipod". *Marine Ecology Progress Series*, 293: 143-153.

Duarte, C.; Navarro, J.M.; Acuña, K.; Gómez, I. 2010. "Feeding preferences of the sandhopper *Orchestoidea tuberculata*: the importance of algal traits". *Hydrobiologia*, 651: 291–30.

Dugan, J.E.; Hubbard, D.M.; McCrary, M.D.; Pierson, M.O. 2003. "The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California". *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58(Suppl.): 25-40.

Emery, K.O. 1961. "A simple method of measuring beach profiles". *Limnology and Oceanography*, 6: 90-93.

Fallaci, M.; Aloia, A.; Audoglio, M.; Colombini, I.; Scapini, F.; Chellazi, L. 1999. "Differences in behavioral strategies between two sympatric talitrids (Amphipoda) inhabiting an exposed sandy beach of the French Atlantic coast". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48: 469–482.

Fanini, L.; Cantarino, C.M.; Scapini, F. 2005. "Relationship between the dynamics of two *Talitrus saltator* populations and the impacts of activities linked to tourism". *Oceanologia*, 47(1): 93-112.

Lastra, M.; Page, H.M.; Dugan, J.E.; Hubbard, D.M.; Rodil, I.F. 2008. "Processing of allochthonous macrophyte subsidies by sandy beach consumers: estimates of feeding rates and impacts on food resource". *Marine Biology*, 154: 163-174.

Mardsen, I.D. 1991. "Kelp-sandhopper interactions on a sand beach in New Zeland. II. Population dynamics of Talorchestia quoyana (Milne-Edwards)". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 152: 75-90.

Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.

Moore, P.G.; Francis, C.H. 1985. "Some observations on food and feeding of the supralittoral beach hopper *Orchestia gammarellus* (Pallas) (Crustacea: *Amphipoda*)". *Ophelia*, 24: 183–197.

Nardi, M.; Morgan, E.; Scapini, F. 2003. "Seasonal variation in the free-running period in two *Talitrus saltator* populations from Italian beaches differing in morphodynamics and human disturbance". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58 (Suppl.): 199–206.

Scapini, F.; Chelazzi, L.; Colombini, I.; Fallaci, M. 1992. "Surface activity, zonation and migrations of *Talitrus saltator* on a Mediterranean beach". *Marine Biology*, 112: 573-581.

Serejo, C.S. 2004. "Talitridae (Amphipoda: Gamaridea) from the Brazilian coastline". *Zootaxa*, 646: 1-29.

Ugolini, A.; Borghini, F.; Calosi, A.; Bazzicalupo, M.; Chelazzi, G.; Focardi, S. 2004. "Mediterranean *Talitrus saltator* (Crustacea, Amphipoda) as a biomonitor of heavy metals contamination". *Marine Pollution Bulletin*, 48: 526-532.

Veloso, V.G.; Sallorenzo, I.A.; Ferreira, B.C.A.; Neves, G.S. 2009. "*Atlantorchestoidea brasiliensis* (Crustacea: Amphipoda) as an indicator of disturbance caused by urbanization of a beach ecosystem". *Brazilian Journal of Oceanography*, 58: 13-21.

Veloso, V.G.; Neves, G.; Lozano, M.; Perez-Hurtado, A.; Gago, C.G.; Hortas, F.; Garcia, F. G. 2008. "Responses of talitrid amphipods to a gradient of recreational pressure caused by beach urbanization". *Marine Ecology*, 29: 1-8.

Weslawski, J.M.; Stanek, A.; Siewert, A.; Beer, N. 2000. "The sandhopper (*Talitrus saltator*, Montagu 1808) on the Polish Baltic Coast is a victim of increased tourism?" *Oceanological Studies*, 29(1): 77-87.

Wright, L.D.; Short, A.D.J. 1984. "Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis". *Marine Geology*, 56: 92-118.

Anexo18-I. Diferenciação Morfológica das Três Espécies mais Comuns de Talitridae que Ocorrem em Praias do Litoral Brasileiro

Espécie	Cabeça macho*	Gnatópodo 1 macho	Gnatópodo 2 macho adulto*	Gnatópodo 1 fêmea	Pereópodo 5	Urópodo 1	Telson
Atlantorchestoidea brasiliensis (Dana, 1853)	Olhos bem grandes, pedúnculo da antena 2 não intumescido	Simples	Palma sem reentrância	Simples	P5 diferente dos P6-7; margem anterior com cerdas robustas grossas, dáctilo grosso	Ramo externo com cerdas robustas	Telson mais largo que longo
Platorchestia cf. *monodi* (Mateus, Mateus, & Afonso, 1986)	Olhos médios a grandes; pedúnculo da antena 2 intumescido	Subquelado	Palma com reentrância na porção mediana	Paraquelado	P5 similar ao P6-7; margem anterior com cerdas robustas normais, dáctilo delgado	Ramo externo sem cerdas robustas	Telson mais longo que largo
Talorchestia tucurauna (Müller, 1864)	Olhos médios a grandes, pedúnculo da antena 2 não intumescido	Subquelado	Palma com reentrância na porção proximal que encaixa no processo do dáctilo	Simples	P5 similar ao P6-7; margem anterior com cerdas robustas normais, dáctilo delgado	Ramo externo sem cerdas robustas	Telson mais longo que largo

* O dimorfismo sexual é regra nessas espécies sendo que alguns caracteres do macho adulto são diagnósticos para identificação das mesmas. Machos jovens podem não apresentar o intumescimento das antenas ou a ornamentação na palma/dáctilo do G2. Nesse caso, deve-se utilizar os demais caracteres em questão. Serejo (2004) redescreveu essas 3 espécies incluindo uma chave de identificação.

ANEXO 18-II. FORMULÁRIO DE CAMPO

	Formulário de Coleta e Monitoramento de Populações de Talitridae

Praia: ______________________ Município:_________________________ Estado:________

Posição do Marco Fixo/ Georreferenciamento

Latitude: _______°________’ ________”S Longitude: _______°________’________” W

Data da coleta: ____________________ Hora inicial: __________ Hora final:_________

Distância entre MF e linha de maré alta (m): _____________________

Larg. entremarés (m):_________ Distância entre os níveis: S/M _________ M/I _________

Declividade entre pontos de observação (cm):_______________________________________

Distância detritos (m): Dunas: ________________ Linha d’água: ________________

Agregados de algas: Larg. (m): ________________ Compr. (m): __________________

Ondas: Altura (m): ________________________ Período(s): _________________________

Obs. climáticas: ____

____

____

Capítulo 19

MONITORAMENTO DE POPULAÇÕES DE *Ocypode quadrata* (CRUSTACEA: DECAPODA)

Carlos Alberto Borzone, Leonardo Cruz da Rosa, Pablo Damian Borges Guilherme, Jenyffer Vierheller Vieira

Foto: Pablo Guilherme

Introdução

Os caranguejos do gênero *Ocypode*, popularmente conhecidos como "caranguejo-fantasma" ou "maria-farinha", são organismos macrobentônicos muito bem representados em praias arenosas tropicais e subtropicais do mundo todo (McLachlan & Brown, 2006).

Esses caranguejos vêm sendo alvo de estudos por parte de muitos pesquisadores, que consideram esse organismo um potencial indicador de qualidade ambiental de praias arenosas (Barros, 2001; Turra *et*

al., 2005; Rosa & Borzone, 2008; Yong & Lim, 2009; Vieira *et al.*, 2011; 2012). No Brasil há apenas o registro de uma espécie, *Ocypode quadrata* (Fabricius, 1787)(Figura 19-1 A-B), a qual constrói tocas semi-permanentes principalmente na parte superior do entremarés e nas dunas adjacentes (Melo, 1996; Alberto & Fontoura, 1999). Por esse motivo, estimativas da abundância, distribuição e estrutura etária podem ser facilmente realizadas e monitoradas através da contagem e medição das suas tocas (Figura 19-1 C-D).

No entanto, não existe uma uniformidade quanto à metodologia empregada nos estudos ecológicos de *O. quadrata*, principalmente quanto à delimitação da área de amostragem, locais na praia a serem amostrados (praia x dunas), características das tocas (ativas x inativas), condições de maré e condições meteorológicas. Nesse sentido, uma proposta metodológica integrativa permitirá a coleta e a comparação dos dados em diferentes momentos e regiões geográficas.

Objetivo

Realizar monitoramento de longa duração de populações de *Ocypode quadrata* a fim de avaliar possíveis alterações decorrentes dos efeitos das mudanças climáticas.

Figura 19-1. *Ocypode quadrata* (A-B), aspecto geral das tocas do caranguejo, toca ativa (C) e toca inativa (D). Fotos: Laboratório de Ecologia de Praias Arenosas (CEM – UFPR).

Métodos

Definição da Área de Estudo

Em cada região (norte, nordeste, sudeste e sul) do litoral brasileiro, deverá ser monitorada ao menos uma praia que, sempre que possível, deve estar localizada em área de reduzido impacto antrópico. As praias escolhidas devem ser dissipativas ou intermediárias tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Whright & Short (1984) para praias com regime de micro e mesomarés, e por Masselink & Short (1993) para praias com regime de macromarés.

Amostragem

Em cada praia será estabelecido um marco fixo (MF), georreferenciado, que servirá como referência para os levantamentos do perfil praial e para o monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia no período de cada amostragem (Guilherme, 2013). Para a medição do perfil praial recomenda-se o método de baliza proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II).

As amostragens serão realizadas semestralmente, em fevereiro ou março e agosto ou setembro, sempre durante os períodos de baixa-mar de sizígia. Durante as marés de quadratura, o nível do mar não sobe o suficiente para eliminar todos os sinais de atividade e fechar as tocas antigas e inativas do perfil praial. Ainda, nessas situações, é possível que o mesmo caranguejo faça mais de uma toca ou duas saídas para a mesma toca (Guilherme, 2013). Assim, amostragens realizadas sob tais condições (quadratura) ocasionariam uma superestimativa da densidade populacional de caranguejos.

As campanhas amostrais devem ocorrer em condições de tempo bom, já que as tocas permanecem fechadas em situações de chuva, vento forte e temperaturas desfavoráveis (28 < temperatura (°C) < 16) (Alberto & Fontoura, 1999; Valero-Pacheco *et al.*, 2007).

A amostragem de *O. quadrata* consistirá na contagem e medição das tocas ativas (Figura 19-1 C) ao longo de três transecções, perpendiculares à linha d'água, escolhidas aleatoriamente (Figura 19-2). Em cada transecção será concatenado um quadrado de 2x2 m (Figura 19- 2). Todas as tocas ativas registradas em cada quadrado serão contabilizadas e o diâmetro das aberturas será medido com a utilização de um paquímetro (Figura 19-3).

Cada transecção deve incluir toda a distribuição de tocas do organismo, desde a região de dunas até a última toca ativa encontrada no entremarés (Figura 19-2). Trabalhos recentes têm demonstrado que os ambientes de dunas, quando presentes, podem abrigar de 30 a 40 % da densidade populacional desses caranguejos (Branco *et al.*, 2010; Guilherme, 2013). Dessa forma, estudos que desconsideram esses sub-ambientes possivelmente subestimam o tamanho de suas populações.

A localização de cada quadrado deve ser registrada, tanto com relação ao marco fixo quanto às diferentes zonas ou fisiografias presentes em cada praia (*sensu* Guilherme, 2013), por exemplo, entremarés (EM), linha de deixa (DR), supralitoral (SP), duna frontal incipiente (DFI), duna frontal estabelecida (DFE). Os dados devem ser anotados em planilhas organizadas (Tabelas 19-1 e 19-2), onde deverá constar hora de início e término de cada amostragem.

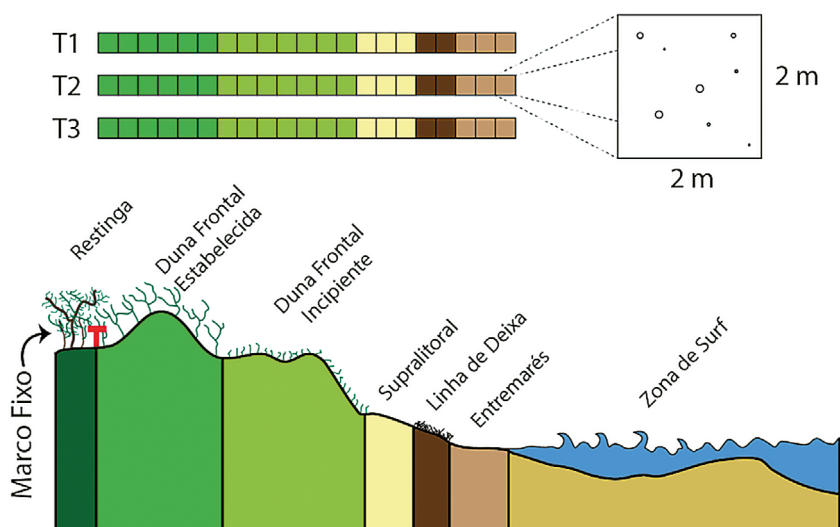



Figura 19-2. Diagrama do delineamento amostral de *Ocypode quadrata*, (três transecções perpendiculares a praia, constituídos de quadrados de 2x2 m, destaque em vermelho: localização do marco fixo).

Figura 19-3. Procedimento de campo: contagem e medição do diâmetro das aberturas de todas as tocas ativas com utilização de paquímetro.

Além da contagem e medição das tocas, deverá ser coletada uma amostra de sedimento na estação central de cada transecto para análises granulométricas (diâmetro médio do grão, coeficiente de seleção, assimetria e curtose do sedimento) (ANEXO 14-III). Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (http://www.cptec.inpe.br/);
- SIMCos (http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html);
- Climatempo (http://www.climatempo.com.br/).

Os dados abióticos deverão ser armazenados em planilha, conforme Tabela 19-1, e os dados biológicos, como mostra o exemplo da Tabela 19-2.

Tabela 19-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somente os campos em amarelo)

Praia:			Georreferenciamento (MF):					
Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	10		1					
	20		1					
	30		1	10				
	40		1	9				
	50		1	8				
	60		1	7				
	70		1	6				
	80		1	5				
	90		1	4				
	100		1	3				
	110		1	2				
	∞		1	1				
	10		2					
	20		2					
	30		2	10				
	40		2	9				
	50		2	8				
	60		2	7				
	70		2	6				
	80		2	5				
	90		2	4				
	100		2	3				
	110		2	2				
	∞		2	1				
	10		3					
	20		3					
	30		3	10				
	40		3	9				
	50		3	8				
	60		3	7				
	70		3	6				
	80		3	5				
	90		3	4				
	100		3	3				
	110		3	2				
	∞		3	1				

Tabela 19-2. Planilha para registro dos dados de *Ocypode quadrata*.

Praia:			Coords (MF):		
Transecto:		Hora início:		Hora fim:	
Quadrado	Distância (m)	Fisiografia	Número de tocas	Atividade (na seqüência)	Diâmetro das tocas (na mesma sequência)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
...					
Fisiografias: DFE (duna frontal estabelecida), DFI (duna frontal incipiente), SP (supralitoral), DR (linha de deixa) e EM (entremarés).					
Atividade: A (ativa), I (inativa)					

AUTORES

Carlos Alberto Borzone – Universidade Federal do Paraná – UFPR
(autor para correspondência: capborza@ufpr.br)
Jenyffer Vierheller Vieira – Universidade Federal do Paraná – UFPR
Leonardo Cruz da Rosa – Universidade Federal de Sergipe – UFS
Pablo Damian Borges Guilherme – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Referências

Alberto, R.M.F.; Fontoura, N.F. 1999. "Distribuição e estrutura etária de Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) em praia arenosa do litoral sul do Brasil". *Revista Brasileira de Biologia*, 59: 95-108.

Barros, F. 2001. "Ghost crabs as a tool for rapid assessment of human impacts on exposed sandy beaches". *Biological Conservation*, 97: 399-404.

Branco, J.O.; Hillesheim, J.C.; Fracasso, H.A.A.; Christoffersen, M.L. 2010. "Bioecology of the ghost crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1787) (Crustacea: Brachyura) compared with other intertidal crabs in the southwestern Atlantic". *Journal of Shellfish Research*, 29(2): 503-512.

Guilherme, P.D.B. 2013. *Influência das fisiografias praiais e suas alterações na distribuição e abundância do caranguejo Ocypode quadrata em praias de Pontal do Paraná, Paraná, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Paraná, p. 87.

Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on the beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9(3): 785-800.

McLachlan, A.; Brown, A. 2006. *The ecology of sandy shores*. New York: Academic Press, p. 373.

Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (Caranguejos e Siris) do litoral brasileiro*. São Paulo: Ed. Pleiade, p. 603.

Rosa, L.; Borzone, C.A. 2008. "Spatial distribution of the Ocypode quadrata (Crustacea: Ocypodidae) along estuarine environments in the Paranaguá Bay Complex, southern Brazil". *Revista Brasileira de Zoologia*, 25(3): 383-388.

Turra, A.; Gonçalves, M.A.O.; Denadai, M.R. 2005. "Spatial distribution of the ghost crab Ocypode quadrata in low-energy tide-dominated sandy beaches". *Journal of Natural History*, 39(23): 2163-2177.

Valero-Pacheco, E.; Alvarez, F.; Abarca-Arenas, L.G.; Escobaret, M. 2007. "Population density and activity pattern of the ghost crab, Ocypode quadrata, in Veracruz, Mexico". *Crustaceana*, 80(3): 313-325.

Vieira, J.V.; Borzone, C.A.; Carvalho, F.G.; Festti, L. 2011. *Respostas dos caranguejos Ocypode quadrata (Fabricius, 1798) frente às atividades recreativas em ambientes praiais*. In: XIV Congresso Latino-americano de Ciências do Mar, Balneário Camboriú, Santa Catarina, Brasil.

Vieira, J.V.; Borzone, C.A.; Festti, L; Carvalho, F.G.; Gandara-Martins, A.L. 2012. *Response of the crab Ocypode quadrata (Fabricius, 1798) to human pressure in Brazilian sandy beaches*. In: VI International Sandy Beach Symposium, Mpekweni, África do Sul.

Whright, L.D.; Short, A.D. 1984. "Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis". *Marine Geology*, 56: 93-118.

Yong, A.Y.P.; Lim, S.S.L. 2009. "The potential of Ocypode ceratophthalmus (Pallas, 1772) as a bioindicator of human disturbance on Singapore beaches". *Crustaceana*, 82(12): 1579-1597.

Capítulo 20

MONITORAMENTO DAS POPULAÇÕES DE *Bledius* (INSECTA: COLEOPTERA)

Leonardo Cruz da Rosa, Carlos Alberto Borzone, Jenyffer Vierheller Vieira, Ana Luiza Gandara-Martins, Angélica Xavier de Miranda Ribas Vianna, Edilson Caron, Cibele Ribeiro-Costa

Foto: Leonardo C. Rosa

Introdução

Os coleópteros estafilinídeos do gênero *Bledius* (Leach, 1819) habitam sedimentos arenosos não--vegetados, ensolarados e úmidos, adjacentes a rios, lagos e praias, onde se alimentam de diatomáceas e outras microalgas (Herman, 1986). Esses organismos representam um conspícuo componente das zonas superiores das praias arenosas no mundo inteiro (Schreiner & Ozorio, 2003; McLachlan & Brown, 2006), sendo sua presença facilmente detectada pelos rastros superficiais no sedimento provenientes de suas atividades (Herman, 1986; Gandara-Martins *et al.*, 2010). Dependendo da densidade e/ou do nível de atividade desses coleópteros, seus rastros podem ocorrer de formas e tamanhos variados, sendo obser-

vadas desde pequenas manchas localizadas em torno da linha de detritos até extensas faixas homogêneas cobrindo partes do supra e mesolitoral da praia (Gandara-Martins *et al.*, 2010)(Figura 20-1).

Ao longo da costa brasileira é registrada a ocorrência de quatro espécies (*B. bonariensis*, *B. caribbeanus*, *B. fernandezi* e *B. hermani*) (ANEXO 20-1) para ambientes de praias arenosas (Caron & Ribeiro-Costa, 2007; Gandara-Martins *et al.*, 2010; Rosa *et al.*, 2013). Devido à ampla distribuição ao longo da costa, facilidade de detecção e coleta, bem como à sua suscetibilidade a perturbações antrópicas (urbanização e/ou do uso recreativo das praias), estudos recentes sugerem a utilização desses coleópteros como grupo-chave para o monitoramento de impactos decorrentes das alterações climáticas sobre os ambientes de praias arenosas do litoral brasileiro (Gandara-Martins *et al.*, 2010; Irmler, 2012; Vieira *et al.*, 2012).

Objetivo

Monitorar populações de *Bledius* de forma a avaliar possíveis alterações decorrentes dos efeitos de mudanças climáticas.

Figura 20-1. Rastros feitos por coleópteros do gênero *Bledius* na superfície do sedimento da praia. Fotos: L.C. Rosa e J.V. Vieira.

Métodos

Definição da Área de Estudo

Em cada região do litoral brasileiro (norte, nordeste, sudeste e sul) deverá ser monitorada ao menos uma praia, e sempre que possível esta deve estar localizada em área sob o menor impacto antrópico possível. A praia escolhida deve ser do tipo dissipativa a intermediária, tendendo a dissipativa, segundo as classificações propostas por Wright & Short (1984) para praias de micro e mesomarés, e por Masselink & Short (1993) para praias de macromarés.

Amostragem

Em cada praia selecionada será estabelecido um marco fixo (MF), georreferenciado, que servirá como referência para o levantamento do perfil praial e monitoramento da posição da linha de maré alta de sizígia bem como das faixas de distribuição dos coleópteros durante cada amostragem. Para a medição do perfil praial recomenda-se o método de baliza proposto por Emery (1961) (ANEXO 14-II). Além do perfil, também deverá ser medida a distância entre a linha da maré alta e o MF.

As amostragens serão realizadas semestralmente, em fevereiro ou março e em agosto ou setembro, sempre durante as marés de sizígia equinociais. Recomenda-se que as amostragens não ocorram sob condições climáticas adversas (chuvas intensas, ressacas do mar ou ventos fortes), as quais dificultam a permanência e visualização dos rastros dos coleópteros no sedimento.

Durante cada amostragem, serão estabelecidas dez transecções perpendiculares à linha d'água e com espaçamentos de 3 m entre si na faixa de distribuição dos rastros dos coleópteros (Figura 20-2). Destas serão escolhidas aleatoriamente três transversais, onde serão tomadas amostras em ao menos três níveis (limite superior – nível 1, centro – nível 2 e limite inferior – nível 3) (Figura 20-2). Dependendo da largura da faixa de distribuição dos organismos (rastros), uma quantidade maior de níveis deverá ser amostrada obedecendo a uma distância máxima de 2 m entre eles.

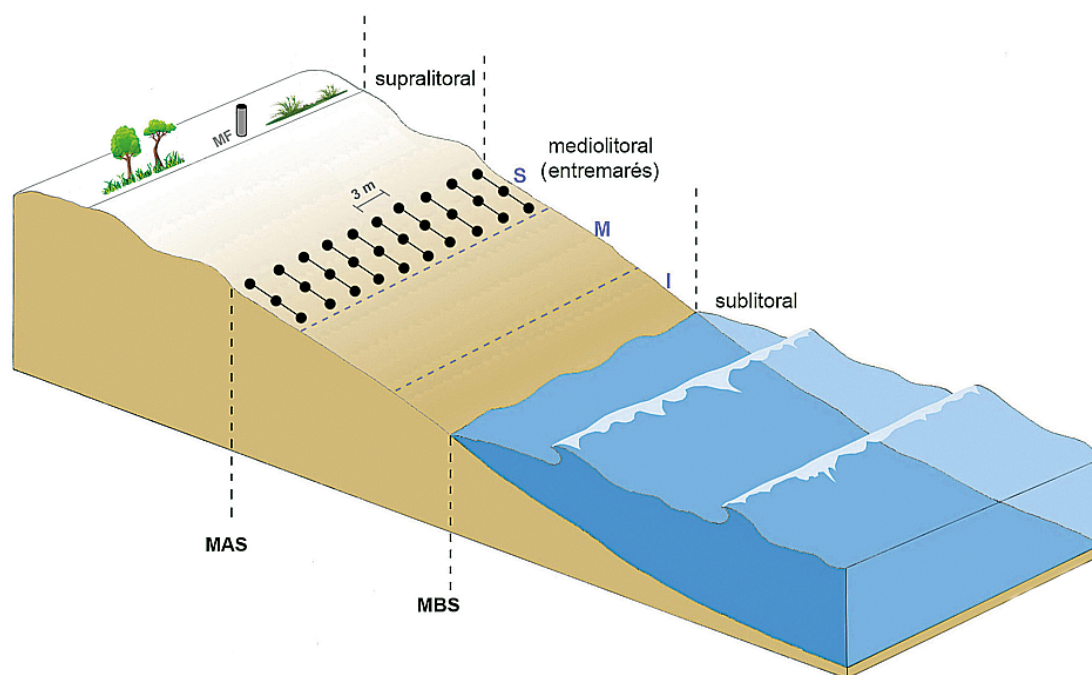



Figura 20-2. Diagrama esquemático do delineamento amostral a ser empregado no monitoramento das populações de *Bledius* nas diferentes praias arenosas ao longo do litoral brasileiro (MF: marco fixo, MAS: Maré alta de sizígia, MBS: Maré baixa de sizígia, S: nível superior, M: nível médio, I: nível inferior do entremarés). Esquema: Tatiana M. Steiner.

As amostras biológicas serão obtidas com um amostrador cilíndrico (15 cm de diâmetro) enterrado a 5 cm de profundidade no sedimento. Recentemente, Vieira *et al.* (2013) avaliaram avaliaram a eficiência de captura de *Bledius* comparando amostradores de distintos diâmetros (10, 15 e 25 cm). Neste trabalho os autores concluíram que o amostrador de 15 cm é o mais adequado, haja vista a baixa heterogeneidade entre amostras e fácil manipulação.

Previamente ao contato do amostrador com a superfície do sedimento, a parte superior do cilindro deve ser fechada com uma tela (com no máximo 0,5 mm de abertura de malha) ou um saco plástico para evitar a fuga dos organismos (Figura 20-3). Não existe a necessidade de fixação imediata das amostras em campo e, de forma a agilizar os procedimentos de coleta, as mesmas poderão ser fixadas em laboratório com álcool 50%.

No nível central (Nível 2) de cada uma das três transversais selecionadas deverá ser coletada uma amostra de sedimento com amostrador cilíndrico de 5 cm de diâmetro e enterrado a 10 cm de profundidade para posterior caracterização do sedimento (ANEXO 14-III).

Figura 20-3. Procedimento de coleta de *Bledius* com utilização do amostrador de 15 cm de diâmetro, adição de saco plástico na extremidade livre e pá na base do amostrador.

Dados de temperatura, altura e períodos de ondas, incidência de ventos e pluviosidade deverão ser obtidos, continuamente, em serviços de previsões do tempo e estudos climáticos:

- CPTEC (http://www.cptec.inpe.br/);
- SIMCos (http://www.lamma.ufrj.br/sites/simcos/paginas/sistema/index.html);
- Climatempo (http://www.climatempo.com.br/).

Os dados abióticos deverão ser armazenados em planilha, conforme Tabela 20-1.

Tabela 20-1. Planilha para registro dos dados abióticos (preencher somente campos em amarelo).

Praia:			Georreferenciamento (MF):					
Data	Perfil		Sedimento (1 amostra no ponto central de cada transecto)					
	Distância MF	Desnível (CM)	Transecto	Nível	DMG (Φ)	CS (Φ)	Assimetria	Curtose
	2		1					
	4		1					
	6		1	1				
	8		1	2				
	10		1	3				
	∞		1					
	2		2					
	4		2					
	6		2	1				
	8		2	2				
	10		2	3				
	∞		2					
	2		3					
	4		3					
	6		3	1				
	8		3	2				
	10		3	3				
	∞		3					

Procedimentos de Laboratório

Em laboratório, após a fixação das amostras biológicas, as mesmas deverão ser peneiradas por meio de uma malha de 0,5 mm de abertura, sendo os organismos retidos novamente fixados e preservados em álcool 70%. Posteriormente, serão transferidos para placas de Petri, identificados (ANEXO 20-1) e quantificados com o auxílio de um microscópio estereoscópico.

Tratamento e Análise dos Dados

De forma a facilitar as comparações entre as diferentes praias, os dados de densidade dos organismos serão transformados em abundância por metro linear (AML, ind./m^1), multiplicando-se a densidade média "*q*" (expressa em ind./m^2) em cada nível amostral "*i*" de todas as amostras "*m*" pertencentes a transversal "*r*" (q_m) pela largura correspondente da área amostrada "*w*" (= largura da faixa de distribuição dos organismos), conforme equação abaixo proposta por Brazeiro & Defeo (1996).

$$AML_r = \frac{\sum_{i=1}^{m} q_i}{m_r} w_r$$

AUTORES

Leonardo Cruz da Rosa – Universidade Federal de Sergipe – UFS
(autor para correspondência: leonardo.rosa@rocketmail.com)

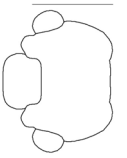
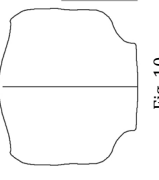
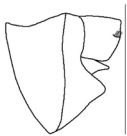
Ana Luiza Gandara-Martins – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Angélica Xavier de Miranda Ribas Vianna – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Carlos Alberto Borzone – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Cibele Ribeiro-Costa – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Edilson Caron – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Jenyffer Vierheller Vieira – Universidade Federal do Paraná – UFPR

Referências

Brazeiro, A.; Defeo, O. 1996. "Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments?" *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 42: 523-536.

Caron, E.; Ribeiro-Costa, C.S. 2007. "Bledius Leach from southern Brazil (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(4): 452-457.

Gandara-Martins, A.L.; Borzone, C.A.; Rosa, L.C.; Caron, E. 2010. "Ocorrência de três espécies do gênero Bledius Leach, 1819 (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae) nas praias arenosas expostas do Paraná, Brasil". *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 14(2): 23-30.

Herman, L.H. 1986. "Revision of Bledius. Part IV. Classification of species groups, phylogeny, natural history, and catalogue (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae)". *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 184: 1-368.

Irmler, U. 2012. "Effects of habitat and human activities on species richness and assemblages of Staphylinidae (Coleoptera) in the Baltic Sea coast'. *Psyche*. doi:10.1155/2012/879715.

Masselink, G.; Short, A.D. 1993. "The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model". *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.

McLachlan, A.; Brown, A. 2006. *The ecology of sandy shores*. 2 ed. New York: Academic Press, p. 373.

Rosa, L.C.; Carron, E.; Sousa-Souto, L. 2013. "First record of *Bledius caribbeanus* Blackwelder, 1943 (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae) from Brazil and distributional extension of *B. hermani* Caron and Ribeiro-Costa, 2007". *Check List*, 9(2): 450-451.

Schreiner, R.; Ozorio, C.P. 2003. "Dinâmica da fauna de insetos do supralitoral numa praia do Atlântico Sul: estudo de curta duração". *Biociências*, 11: 123-132.

Vieira, J.V.; Borzone, C.A.;Gandara-Martins, A.L.; Viana, A.X.M.; Brophy, A.; Svobodny, G. 2013. *Métodos de coleta de coleópteros (*Bledius spp.*) em praias arenosas: uma análise crítica*. In: XV Congresso Latino-americano de Ciências do Mar, Punta del Este, Uruguay.

Vieira, J.V., Borzone, C.A, Lorenzi, L.; Grecco, F.C. 2012. "Human impact on the benthic macrofauna of two beach environments with different morphodynamic characteristics in southern Brazil". *Brazilian Journal of Oceanography*, 60(2): 137-150.

Wright, L.D.; Short, A.D.J. 1984. "Morphodynamic variability of beaches and surf zones, a synthesis". *Marine Geology*, 56: 92-118.

ANEXO 20-I. SÍNTESE DE CARACTERES MORFOLÓGICOS UTILIZADOS NA IDENTIFICAÇÃO DAS QUATRO ESPÉCIES DE *BLEDIUS* QUE OCORREM AO LONGO DO LITORAL BRASILEIRO

Espécies	Tamanho	Corpo dorsal	Corpo lateral	Cabeça	Pronoto	Élitros	Tergo 8	Esterno 8
Bledius bonariensis Bernhauer, 1912	Comprimento: 3,50-4,50mm; Largura (élitro): 0,52-0,60mm.	Fig. 1	Fig. 2	Saliência supra antenal evidente estendida anteriormente (Fig. 2, 9) (mais longo no macho do que na fêmea). Fig. 9	Terço basal de lados paralelos e com constrição abrupta (Fig. 10); Fissura procoxal fechada. Fig. 10	Inteiramente avermelhado a preto (Fig. 1).	Margem apical truncada.	Macho e fêmea sem lobo mediano na margem apical.
Bledius caribbeanus Blackwelder, 1943	Comprimento: 2,30-2,80mm; Largura (élitro): 0,50-0,58mm.	Fig. 3	Fig. 4	Saliência supra antenal não estendida anteriormente (Fig. 4).	Terço basal de lados arredondados e convergindo para a base; Fissura procoxal aberta.	Inteiramente preto (Fig. 3).	Margem apical truncada.	Macho com lobo mediano na margem apical, ausente na fêmea.
Bledius fernandezi Bernhauer, 1939	Comprimento: 2,36-2,80mm; Largura (élitro): 0,52-0,60mm.	Fig. 5	Fig. 6	Saliência supra antenal não estendida anteriormente (Fig. 6).	Terço basal de lados arredondados e convergindo para a base (Fig. 11); Fissura procoxal fechada (Fig. 12). Fig. 11 Fig. 12	Amarelo dourado com mácula estendendo-se póstero-medianamente sendo na base escurecida e gradativamente mais clara para o ápice (Fig. 5).	Margem apical emarginada (Fig. 14). Fig. 14	Macho e fêmea sem lobo mediano na margem apical.
Bledius hermani Caron & Ribeiro-Costa, 2007	Comprimento: 1,76-1,84mm; Largura (élitro): 0,50-0,58mm.	Fig. 7	Fig. 8	Saliência supra antenal não estendida anteriormente (Fig. 7).	Terço basal de lados arredondados e convergindo para a base; Fissura procoxal aberta (Fig. 13). Fig. 13	Amarelado claro com mácula basal e usualmente subapical escura (Fig. 7).	Margem apical truncada (Fig. 15). Fig. 15	Macho com lobo mediano na margem apical, ausente na fêmea (Fig. 16). Fig. 16

Informações sobre *B. bonariensis*, *B. fernandezi* e *B. hermani* foram extraídas de Caron & Ribeiro-Costa (2007). Figs. 1-4 e 8-16: uso das imagens autorizado pela Revista Brasileira de Entomologia (RBE 51(4): 452-457)

ANEXO 20-II. FORMULÁRIO DE CAMPO

	Formulário de Coleta e Monitoramento das Populações de *Bledius*

Praia: ______________________ Município:___________________ Estado: ______

Latitude: _______°_______’ _______”S Longitude: ________°________’________” W

Data da coleta: _________________ Hora inicial: __________ Hora final:__________

Obs. climáticas: ____

____

____

Distâncias em relação ao marco fixo

Da marca da preamar anterior: ___________________

Da linha d’água: _______________

Da faixa de Bledius: limite superior:____________ limite inferior:___________

Larg. da faixa de Bledius: ______________ Larg. da praia (m): ________________

Larg. entremarés (m):______________

Declividade total entremarés (m): ______________

Declividade entre pontos de observação (cm): ________________

Bibliografia para Identificação Taxonômica

Recomendada para a identificação preliminar da macrofauna e dos grupos específicos utilizados para monitoramento dos habitats bentônicos

Abbott, R.T. 1974. *American Seashells*. Second Edition. New York: Van Nostrand Reinhold. 541pp.

Amaral, A.C.Z.; Nonato, E.F. 1996. *Chave para identificação dos Anelídeos Poliquetas da costa brasileira; revista e ampliada*. 2ª. ed. Campinas: Editora da UNICAMP. v. 1, p. 90.

Amaral, A.C.Z.; Rizzo, A.E.; Arruda, E.P. 2006. *Manual de identificação dos invertebrados marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil*, Volume 1. São Paulo: EdUSP.

Caron, E.; Ribeiro-Costa, C.S. 2007. "*Bledius* Leach from southern Brazil (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae)". *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(4): 452-457.

Gandara-Martins, A.L.; Borzone, C.A.; Rosa, L.C.; Caron, E. 2010. "Ocorrência de três espécies do gênero Bledius Leach, 1819 (Coleoptera, Staphylinidae, Oxytelinae) nas praias arenosas expostas do Paraná, Brasil". *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, 14(2): 23-30.

Giere, O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. 2nd ed. Berlin Heidelberg: Springer, p. 527.

Higgins, R.; Thiel, H. 1988. *Introduction to the study of meiofauna*. Washington D.C.: Smithsonian Instituition Press.

McLachlan, A.; Dorvlo, A. 2005. "Global Patterns in Sandy Beach Macrobenthic Communities". *Journal of Coastal Research*, 21(4): 674-687

Melo, G.A.S. 1996. *Manual de identificação dos Brachyura (caranguejos e siris) do litoral brasileiro*. 1. ed. São Paulo: Plêiade. v. 1. 603 p.

Melo, G.A.S. 1999. *Manual de identificação dos Crustacea Decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea e Astacidea*. 1. ed. São Paulo: Plêiade. v. 1, p. 556.

Rios, E.C. 2009. Compendium of Brazilian sea shells. Rio Grande: Ed. Evangraf, p. 676.

Rocha, M. B. 2011. *Taxonomia do gênero* Scolelepis *(Annelida: Polychaeta: Spionidae) em praias da costa brasileira através de abordagens morfológicas, morfométricas e moleculares*. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Serejo, C.S. 2004. "Talitridae (Amphipoda: Gamaridea) from the Brazilian coastline". *Zootaxa*, 646: 1-29.